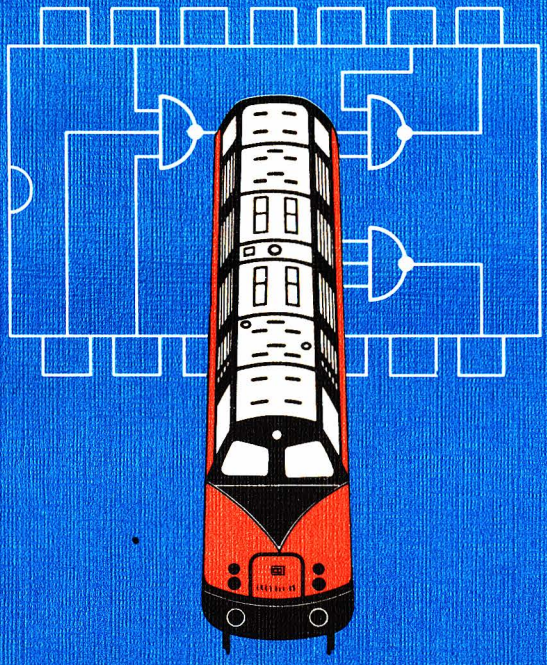
Platerink

Die logisch gesteuerte Modell-eisenbahn

159

RPB
electronic-
taschenbücher

Eine Großanlage wird mit neuartigen Bauelementen und Schaltungen sowie mit Mikroprozessoren durchautomatisiert



Franzis'

RPB electronic-taschenbücher RPB
Titelverzeichnis

Jeder Einfach-Band umfaßt etwa 60–70 Seiten, enthält bis zu 70 Bilder und Tabellen. Mehrfach-Bände entsprechend. Die Nummer vor dem Titel ist die Bestell-Nummer. Preisänderungen und Liefermöglichkeiten vorbehalten.

Preise: Einfachband (•) DM 5.80; Doppelband (• •) DM 8.80; Dreifachband (• • •) DM 10.80.

4 • • Der Hobby-Elektroniker lernt messen (Nührmann). 3. Aufl.

5 • • Brand- und Einbruchmeldeanlagen (Bartels). 2. Auflage

6 • Antennen für Rundfunk- und Fernseh-Empfang (Mende). 15. Aufl.

8 • • • Kleines ABC der Elektronik-Orgel (Wuschek) 2. Auflage

9 • • • Tonbandgeräte-Praxis (Junghans). 13. Aufl.

11 • • • Mikrofone (Kühne). 9. Aufl.

16 • • • Widerstandskunde für Elektroniker (Hoffmeister). 7. Aufl.

19 • • • Optoelektronik (Ratheiser/Pichler). 2. Auflage

20 • • Methodische Fehlersuche in Rundfunkempfängern (Renardy/Lummer). 15. Aufl.

25 • • • Amateur-Funkfernschreibtechnik RTTY (Pietsch). 2. Aufl.

29 • • • Kleines ABC der Elektroakustik (Büscher). 7. Aufl.

30 • • • UHF-Amateurfunk-Antennen (Reithofer) 2. Aufl.

32 • • • DX-Vademecum (Best)

33 • • • Elektronische Voltmeter (Limann Pelka)

34 • • • Von der Mengenlehre zur Schaltalgebra (Siegfried). 2. Auflage

38 • • • SSB- und ISB-Technik (Pelka). 2. Aufl.

40 • Fachwörter der Elektronik. 3. Aufl.

44 • • • KW- und UKW-Amateurfunk-Antennen (Diefenbach). 12. Aufl.

46 • • Sendertabelle (Schneider/Redlich). 4. Aufl.

50 • • Prakt. Antennenbau (Mende). 18. Aufl.

51 • • Kleine Fernseh-Bildfehler-Fibel (Gies/Kirsch). 3. Aufl.

53 • • • Elektroflug (Bruß). 2. Aufl.

54 • • • Schaltalgebra im Experiment (Kleemann)

56 • Der Hobby-Elektroniker ätzt seine Platinen selbst (Nührmann).

58 • • Morselehrg. (Diefenbach). 11. Aufl.

59 • • Funk-Entstörungs-Praxis (Mende). 6. Aufl.

60 • • Die Widerstand-Kondensator-Schaltung (Schneider). 7. Aufl.

64 • • Einführung in die Operationsverstärker-Technik (Hirschmann). 2. Aufl.

65 • • • Operationsverstärker-Anwendung (Hirschmann). 3. Aufl.

68 • • • Kleine Elektronik-Formelsammlung (Rose). 16. Aufl.

69 • • Integrierte Schaltungen in Frage und Antwort (Hibberd). 2. Aufl.

70 • • • Laser, Maser, Hologramme (Ferretti)

73 • • Wie liest man eine Schaltung? (Benda). 3. Auflage

82 • • Was ist ein Mikroprozessor? (Pelka). 5. Aufl.

83 • • Mikrofon-Aufnahmetechnik (Praetzel Warnke). 2. Aufl.

84 • • Fernsehantennen-Praxis (Mende). 14. Aufl.

85 • • • HiFi-Schaltungs- und Baubuch (Kühne Horst). 9. Aufl.

87 • • Methodische Fehlersuche in der Industrie-Elektronik (Benda). 2. Aufl.

88 • • Schliche und Kniffe für Radiopraktiker (Kühne). 7. Aufl.

90 • Netzgeräte mit ICs (Sehrig). 2. Aufl.

92 • • • Einfache Experimente mit digitalen Schaltgliedern (Wirsum). 2. Aufl.

93 • • Schaltungen für die Modellfernsteuerung (Bruß). 8. Aufl.

94 • • Fliegen mit Modellhubschraubern (Snitjer)

96 • Abkürzungen aus der Elektronik (Freyer)

98 • Jedermann-Funk (Kriebel/Rockrohr). 3. Aufl.

99 • • • Wie arbeite ich mit dem Elektronenstrahl-Oszilloskop? (Sutaner/Wißler). 10. Aufl.

100 • • Daten- und Tabellensammlung für Radiopraktiker und Elektroniker (Mende). 4. Aufl.

101 • • • Elektronische Orgeln und ihr Selbstbau (Böhm). 7. Aufl.

102 • • Elektronische Bauelemente – einfach geprüft im Hobby-Labor (Nührmann)

103 • • Die Wobbelsender (Sutaner). 4. Aufl.

104 • • Transistorsender für die Modellfernsteuerung (Bruß). 6. Aufl.

Gerard J. Platerink

Die logisch gesteuerte Modelleisenbahn

Eine Großanlage wird mit neuartigen Bauelementen und Schaltungen sowie mit Mikroprozessoren durchautomatisiert

Mit 105 Abbildungen

Franzis'

Nr. 159 der RPB electronic-taschenbücher

CIP-Kurztitelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Platerink, Gerard J.:
Die logisch gesteuerte Modelleisenbahn : e. Großanlage wird mit neuartigen Bauelementen u. Schaltungen sowie mit Mikroprozessoren durchautomatisiert / Gerard J. Platerink. |Übertr. aus d. Niederländ. u. techn. Bearb.: Wilhelm Peter Ottenbreit|. – München : Franzis, 1981.
(RPB-electronic-taschenbücher; Nr. 159)
Einheitssacht.: De logisch gestuurde trein <dt.>
ISBN 3-7723-1591-7
NE: Ottenbreit, Wilhelm Peter |Bearb.|; GT

Deutsche Ausgabe: © 1981 Franzis-Verlag GmbH, München.
Übertragung aus dem Niederländischen und technische Bearbeitung:
Dipl.-Ing. Wilhelm Peter Ottenbreit.

© 1979 De Muiderkring BV, Bussum.
Titel der Originalausgabe: "De logisch gestuurde Trein"

Jeder Nachdruck, auch auszugsweise, und jede Wiedergabe der Abbildungen, auch in verändertem Zustand, sind verboten.
Druck: Franzis-Druck GmbH, Karlstraße 35, 8000 München 2.

Printed in Germany. Imprimé en Allemagne.

ISBN 3-7723-1591-7

Vorwort

Der Autor hat bereits mit dem Büchlein „Digitale Steuerungen von Modelleisenbahnen" den an der Elektronik interessierten „Modelleisenbahner" angesprochen. Mit dem nun erschienenen Band „Die logisch gesteuerte Modelleisenbahn" ist ein neues selbständiges Werk entstanden, das die Grundlagen auf wenigen Seiten wiederholt, um dann auf diesen Kenntnissen aufzubauen und noch effektivere Schaltungen anzuwenden.

Dadurch wird die Bahnanlage großflächiger und noch besser steuerbar. An einem konkreten Beispiel wird die komplette Anlage eines fiktiven Landes gesteuert. Dabei kommen neuartige Bauelemente und Schaltungen zum Einsatz.

Da der Mikroprozessor seinen Einzug inzwischen in viele Branchen gehalten hat, wollten wir auf eine grundsätzliche Darstellung und Möglichkeiten seines Einsatzes im Modelleisenbahnbau nicht verzichten, denn diese Aufgabe ist ihm fast „auf den Leib geschnitten".

Für die Standardschaltungen findet der Leser im Anhang die für die Herstellung der Platinen erforderlichen Leiterbahnvorlagen.

Voorburg, NL — G.J. Platerink
Schwäbisch Hall — W.P. Ottenbreit

Wichtiger Hinweis

Die in diesem Buch wiedergegebenen Schaltungen und Verfahren werden ohne Rücksicht auf die Patentlage mitgeteilt. Sie sind ausschließlich für Amateur- und Lehrzwecke bestimmt und dürfen nicht gewerblich genutzt werden*).
Alle Schaltungen und technischen Angaben in diesem Buch wurden vom Autor mit größter Sorgfalt erarbeitet bzw. zusammengestellt und unter Einschaltung wirksamer Kontrollmaßnahmen reproduziert. Trotzdem sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Der Verlag sieht sich deshalb gezwungen, darauf hinzuweisen, daß er weder eine Garantie noch die juristische Verantwortung oder irgendeine Haftung für Folgen, die auf fehlerhafte Angaben zurückgehen, übernehmen kann. Für die Mitteilung eventueller Fehler sind Autor und Verlag jederzeit dankbar.

---

*) Bei gewerblicher Nutzung ist vorher die Genehmigung des möglichen Lizenzinhabers einzuholen.

Inhalt

1	**Ausgangssituation**	7
1.1	Einleitung	7
1.2	Das Schienennetz	7
1.3	Züge – Längen – Typen	8
1.4	Steuerung – Organisation – Blockschaltbild – Signale	9
1.5	Die Registrierung – Flip-Flops	10
1.6	Gatter-Formeln	12
1.7	Verstärker für Blöcke und Weichen	13
1.8	Signalisierungselemente	14
1.9	Flip-Flops – Zeitschalter – Netzteil – gedruckte Schaltungen – Zeichnungen – Symbole	19
2	**Elementare Logik**	22
2.1	Entwicklung eines Gleises	22
2.2	Verzweigung	23
2.3	Bündelung	27
2.4	Verbindung zwischen zwei Gleisen	32
3	**Größere Weichenkomplexe**	35
3.1	Einleitung	35
3.2	Verzweigung auf mehr als zwei Gleise	36
3.3	Erweiterung des DOM	38
3.4	Erweiterung der SEMI-Schaltung	39
3.5	Erweiterung der ROU-Schaltung	41
3.6	Erweiterung der FIFO-Schaltung	44
3.7	Unterscheidung und Test der Schaltungen	45
3.8	Erweiterung der ESTA-Schaltung	47
3.9	Erweiterung der STOP-Schaltung	48
4	**Bahnhöfe**	49
4.1	Einleitung	49
4.2	U-Bahn-Station	49
4.3	Mittelstadt (1)	52
4.4	Mittelstadt (2)	54
4.5	Großstadt	57
5	**Programme für die Bahnhöfe**	60
5.1	Einleitung	60
5.2	Zeitschalter	60
5.3	Aufhebung der Verzögerung	62
5.4	Warteschaltungen	65
5.5	Zählschaltungen	70

6 Programme für die Außenbahn 73
6.1 Einleitung 73
6.2 Einfaches Weichensteuerungssystem 73
6.3 Universelles Weichensteuerungssystem 80

7 Verfeinerung der Verkehrsregelung 83
7.1 Einleitung 83
7.2 Sicherheitssystem 83
7.3 Signalbeeinflussung (1) 84
7.4 Signalbeeinflussung (2) 86
7.5 Block-Flip-Flops 88
7.6 y-Block 90
7.7 Doppelte Dreiwegekreuzung 93
7.8 Steuerung einer doppelten Kreuzung mit variabler Verkehrsprogrammierung 95

8 Eine vollautomatische Modelleisenbahn 102
8.1 Einleitung 102
8.2 Abstellgleise 102
8.3 Abstellen in ausgewählten Blöcken 105
8.4 Abstellen in beliebigen Blöcken 106
8.5 Signale entlang der Bahn 109

9 Mittelstadt 2000 112
9.1 Erweiterung des Gleisplans 112
9.2 Bahnhofsorganisation 113
9.3 Dienstregelung 113
9.4 Identifizierung 114
9.5 Organisation der Identifizierung 114
9.6 Aktivierung von Blöcken und Weichen 116
9.7 Vorrang und dessen Handhabung 119

10 Mikrocomputer 122
10.1 Einleitung 122
10.2 Das Wesen des Mikrocomputers 123
10.3 Der zeitliche Ablauf 124
10.4 Darstellung eines Mikrocomputers 125
10.5 Die Auswahl des Mikroprozessors 129

Anlage A Printplatten 130

Anlage B Äquivalenzliste 144

Anlage C Kontaktbelegung 145

Abkürzungen 146

Literatur 149

Anwendung des Systems auf Märklin HO-Züge 150

Sachverzeichnis 157

1 Ausgangssituation

1.1 Einleitung

Dieses Buch befaßt sich mit Automatisierungsproblemen der Modelleisenbahn. Wir gehen dabei von einem System aus, das in dem Buch „Digitale Steuerungen von Modelleisenbahnen" behandelt wurde. Das Buch macht den Leser mit der Elektronik, logischen Gattern, Boole'scher Algebra, Computertechnik usw. vertraut. Der fachkundige Leser benötigt diese Grundlagenbeschreibung nicht. Er wird an die erarbeiteten Schlußfolgerungen anknüpfen. Um an obiges Buch fugenlos anknüpfen zu können, geben wir in den ersten beiden Artikeln dieses Buches eine kurze Zusammenfassung.

1.2 Das Schienennetz

Die Summe der Schienen der Modelleisenbahn nennen wir *Schienennetz*. Das Schienennetz besteht aus *Gleisen;* jedes Gleis besteht aus zwei Schienen.

Wir teilen das Schienennetz in *Blöcke* auf.

Jeder Block besteht aus einer bestimmten Gleislänge. Innerhalb eines Blockes liegt also keine Weiche oder Kreuzung.

Jeder Block beginnt am Ende eines vorherigen Blockes oder hinter einer Weiche oder Kreuzung. Für das Ende eines Blockes gilt Entsprechendes Für die Fahrtrichtung in einem automatisierten Schienennetz gilt:

a) Jeder Zug fährt immer nur in eine Richtung;
b) Jeder Block wird immer nur in einer Richtung befahren.

Man unterscheidet zwischen der rechten und der linken Schiene. Die *linke Schiene* ist geerdet und im gesamten Schienennetz nicht unterbrochen.

Die *rechten Schienen* werden zur automatischen Steuerung der Züge verwendet; sie werden bei N-Spur-Modelleisenbahnen mit dem positiven Fahrstrom versorgt. Obwohl die zulässige Spannung für Lokomotiven 12 V beträgt, ist eine Spannung von 8 . . . 9 V für die Automatisierung geeigneter. Wir wählen daher als Fahrspannung 8 V. Die rechte Schiene eines jeden

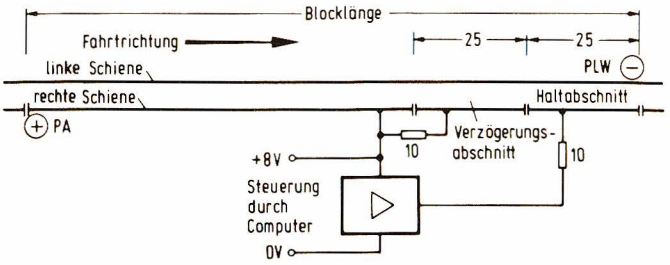


Abb. 1.2.1 Das Durchfahren der Züge wird mit Hilfe sogenannter Haltabschnitte entschieden. Dies sind isolierte Teile der rechten Schiene, die mit Hilfe von Blockverstärkern spannungsmäßig angesteuert werden. Vor dem Haltabschnitt befindet sich ein Verzögerungsabschnitt, damit der Übergang zum Stillstand nicht so abrupt erfolgt.

Blockes ist in drei Teile unterteilt. Der erste Abschnitt in *Abb. 1.2.1* ist das *allgemeine Spannungsfeld.* Die rechte Schiene dieses Bereichs liegt direkt an 8 V; diese Spannung ist durch einen leicht zu bedienenden Schalter sofort auszuschalten, falls dies wegen Störungen, Entgleisungen, Zusammenstößen usw. erforderlich ist. Jede Lokomotive wird bei eingeschalteter Fahrspannung immer über diesen Teil hinaus bis zum Haltabschnitt fahren.

Der nächste Teil ist ein kurzes Gleisstück von 15 . . . 25 cm. Es veranlaßt den Zug, langsamer zu fahren, falls er im Haltabschnitt zum Stillstand kommen soll. Zu diesem Zweck ist der Verzögerungsabschnitt über einen 10 Ω -Widerstand mit der Fahrspannung verbunden.

Den dritten Teil bildet der *Haltabschnitt.* Mit diesem Teil wird die Bewegung der Züge gesteuert. Er wird von einem Blockverstärker versorgt, der wiederum vom Computer angesteuert wird. Da es nur *eine* Fahrtrichtung gibt, muß die Gleisanlage eine geschlossene Schleife bilden. Durch Weichen können andere Schleifen abgezweigt werden.

1.3 Züge – Längen – Typen

Die Länge von Zügen und Blöcken ist theoretisch nicht begrenzt. Ein Zug kann beispielsweise so lang sein, daß er gleichzeitig vier Blockabschnitte belegt. Der Haltabschnitt sollte mindestens 22 . . . 25 cm lang sein.

Durch Identifizierungseinrichtungen können Züge unterschieden werden. Jeder Zugtyp sollte nach seiner Art behandelt werden.

1.4 Steuerung – Organisation – Blockschaltbild – Signale

Der Computer sorgt für zwei Dinge:
a) Fahren oder Halten der Züge
b) Umschalten der Weichen

Er muß dazu informiert werden über:
a) Die Besetzung der Blöcke
b) Die Zugtypen in den Blöcken
c) Die Stellung der Weichen
d) Die Dienstregelung für jeden Zugtyp

Die erforderlichen Informationen werden hauptsächlich von den Zügen geliefert. Die elektronische Anlage enthält daher folgende Blöcke:
a) Signalisierung
b) Registrierung
c) Computer
d) Ausführungsorgane für die Entscheidungen des Computers

Das Blockschaltbild der *Abb. 1.4.1* zeigt diesen Aufbau. Jeder Zug liefert während seiner Bewegung auf jedem Block mindestens die beiden folgenden Signale:
a) den *Impuls Ankunft* (PA)
b) den *Impuls letzter Wagen* (PLW)

Die Lokomotive liefert das Signal a) mittels verschiedener Signalisierungseinrichtungen. Am letzten Wagen befindet sich ein Magnet, durch den ein Glasschalter am Bahnkörper aktiviert wird, welcher den Impuls PLW liefert.

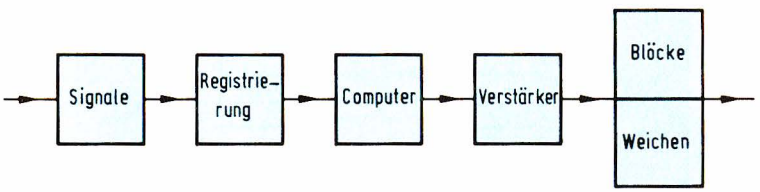


Abb. 1.4.1 Blockschema der automatischen Steuerung von Blöcken und Weichen.

a) *Impuls Abfahrt* (PV), geliefert von der Lok, nachdem sie den Haltabschnitt verlassen hat und sich zum Bestimmungsort bewegt.

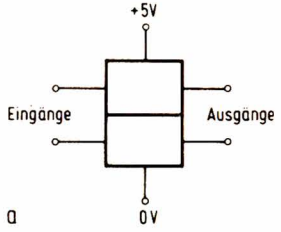
b) *Impuls Ankunft* letzter Wagen (PALW), geliefert vom LW nach Ankunft im vorgesehenen Block.

c) *Typenpulse* (PTp), die in speziellen Identifizierungseinrichtungen erzeugt werden.
Diese drei Signale stehen unter besonderen Umständen zur Verfügung.

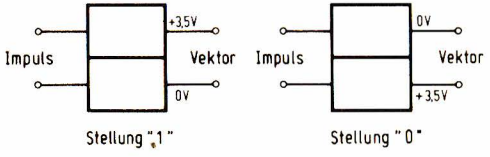
1.5 Die Registrierung – Flip-Flops

Die bei Ankunft oder Abfahrt gelieferten Impulse werden durch Flip-Flops registriert. Das Symbol eines FF sehen Sie in *Abb. 1.5.1a.*
Nach der Funktion unterscheiden wir verschiedene Flip-Flops:
Die *Anwesenheit* eines Zuges in einem Block wird gekennzeichnet durch ein A-FF, die Stellung einer *Weiche* durch ein W-FF, der Zugtyp durch ein Typen-Flip-Flop usw. . So gibt es auch FFs zur Kennzeichnung von Prioritäten, Zielblöcken usw. .

Abb. 1.5.1a Die bekannteste elektronische Speicherschaltung ist das Flip-Flop (FF). Das von uns verwendete FF besitzt zwei Eingänge und zwei Ausgänge.



a



b

Abb. 1.5.1b Die Ausgänge eines FF sind komplementär, d.h. wenn der eine Ausgang „1" ist, liegt am anderen 0V und umgekehrt.

Bei einem A-FF bringen wir das Signal PA an den nichtinvertierenden Eingang. Damit erhält das Flip-Flop die Stellung 1. Wir lesen am nichtinvertierenden Ausgang 3,5 V und am invertierenden Ausgang 0 V ab.

Legt man PLW an den invertierenden Eingang, so ändert sich der Ausgang von 1 nach 0. Am nichtinvertierenden Ausgang lesen wir 0 V und am invertierenden Ausgang 3,5 V ab.

Die ankommenden Signale nennen wir *Impulse.* Diese sind kurzzeitige Spannungsänderungen, die in der Signalisierungseinrichtung entstehen. Die Spannungen an den Ausgängen sind für uns ebenfalls Signale; die Zeitdauer wird bestimmt durch die beiden Impulse, die das Ausgangssignal des Flip-Flops verändern. Diese Signale nennen wir *Vektorsignale* oder kurz *Vektoren.*

Den Vektor am nichtinvertierenden Ausgang eines A-FF nennen wir *Besetzt-Vektor.* Der Vektor am invertierenden Ausgang heißt *Leer-Vektor.*

Es gilt folgender Zusammenhang:

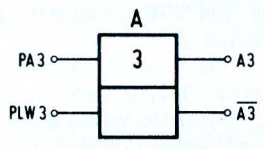


Abb. 1.5.2 Mit Hilfe eines durch den Impuls Ankunft letzter Wagen angesteuerten Flip-Flops wird ein ständiges Vektorsignal erzeugt, das uns den Besetztzustand des Blockes signalisiert; in diesem Fall ist dies Block 3.

	Durch PA entsteht Stellung „1“	Durch PLW entsteht Stellung „0“
BESETZTVEKTOR		
A ist dann:		
a) elektrisch	3,5 V	0 V
b) logisch	„1“	„0“
c) inhaltlich	wahr	nicht wahr
LEERVEKTOR		
$\overline{A}$ ist dann:		
a) elektrisch	0 V	3,5 V
b) logisch	„0“	„1“
c) inhaltlich	nicht wahr	wahr

1.6 Gatter - Formeln

Zur Automatisierung verwenden wir logische Gatter. Ein Gatter besitzt im allgemeinen mehrere Eingänge und einen Ausgang. Wir kennen:

a) NICHT-Gatter mit einem Eingang
b) UND/NAND-Gatter mit mehreren Eingängen
c) ODER/NOR-Gatter mit mehreren Eingängen

Ein NICHT-Gatter wandelt das Eingangssignal in seinen inversen Wert um, also aus 1 wird 0 und umgekehrt.

Ein UND-Gatter liefert am Ausgang eine logische 1, wenn *jeder* Eingang auch 1 ist. Sonst ist der Ausgang 0.

Ein NAND-Gatter liefert am Ausgang 0, wenn *alle* Eingänge 1 sind; ist nur ein Eingang 0, so ist der Ausgang 1.

Ein ODER-Gatter liefert am Ausgang 1, wenn wenigstens *ein* Eingang 1 ist.

Ein NOR-Gatter liefert am Ausgang 0, wenn wenigstens *ein* Eingang 1 ist.

Den Zusammenhang zwischen Eingangs- und Ausgangssignalen liefern Wahrheitstabellen.

Als Gatter verwenden wir ICs der TTL-7400-Serie. Sie sind billig und einfach zu erwerben. Die Anschlußbelegung finden Sie in Anlage C.

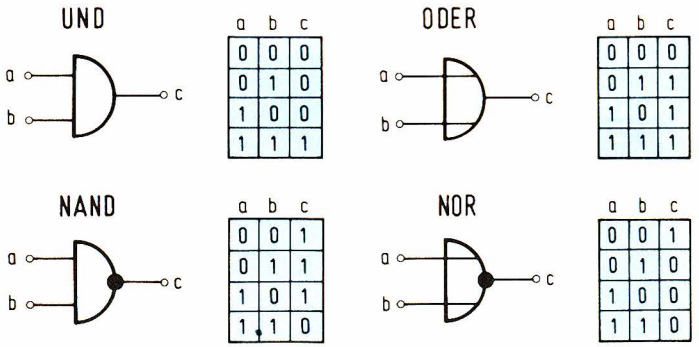


Abb. 1.6.1 Für den Aufbau des Computers werden vier Gatter-Arten verwendet. Das jeweilige Verhalten kann aus nebenstehender Wahrheitstabelle entnommen werden.

Zur Beschreibung von Schaltungen wenden wir das von Prof. George Boole entwickelte Verfahren an. Er definierte die oben genannten Begriffe NICHT, UND, ODER.

Wir schließen uns der Symbolik von Boole nicht an, sondern verwenden eine bekanntere Schreibweise. Für die UND-Funktion schreiben wir einen Mal-Punkt, für die ODER-Funktion ein Plus-Zeichen und eine Negierung (NICHT) kennzeichnen wir durch Überstreichen des Terms.

Beispiel:

$$B1 = (\overline{A2} + \overline{A3}) \cdot A1$$

Dieses „Rebus" lesen wir folgendermaßen:

B1 bedeutet: Block 1 soll (oder darf oder muß) an Spannung gelegt werden.
= bedeutet: Wenn folgende Voraussetzungen erfüllt sind.
$(\overline{A2} + \overline{A3})$ bedeutet: Block 2 ist leer oder Block 3 ist leer oder beide Blöcke sind leer.
· bedeutet: und.
A1 bedeutet: Block 1 ist besetzt

1.7 Verstärker für Blöcke und Weichen

Die Entscheidung des Computers ist die Reaktion auf Erfüllung aller Voraussetzungen. Die Schaltungen werden mit dem Ziel entwickelt, einem NAND logische „1"-en anzubieten, so daß es am Ausgang logisch „0" liefert.

Die Entscheidung-ausführenden Verstärker setzen einen Block unter Spannung oder schalten eine Weiche um, wenn am Verstärkereingang der logische Pegel „0" liegt. Der Ausgang ist dann „1", d.h.:

a) an den Blöcken liegt 8 V
b) an den Weichen liegt 16 . . . 20 V

Die Konfiguration zwischen dem letzten NAND vor dem Verstärker und dessen Eingang zeigt *Abb. 1.7.1.* In diesem Zweig erfolgt eine doppelte Inversion.

a) Zuerst im NAND, das „0" liefert, wenn beide Eingänge „1" sind;
b) dann im Verstärker, der eine „0" am Eingang in eine „1" am Ausgang umsetzt.

Da eine doppelte Inversion im logischen Sinne bedeutungslos ist, können wir sie unberücksichtigt lassen, so daß die Abbildung liefert:

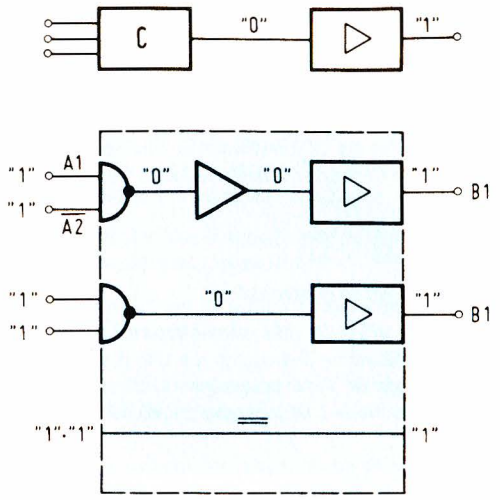


Abb. 1.7.1 Die Niederschrift eines logischen Ausdrucks wird einfach, wenn ein Signal zweimal negiert wird. Der Ausgang entspricht bei diesem NAND bei zwei „1"-en am Eingang einer logischen „1".

$A1 \cdot \overline{A2} = B1$ oder umgekehrt

$B1 = \overline{A2} \cdot A1$

Zur Niederschrift einer logischen Formel muß man also nur laut denken und schreiben, welche Bedingungen zu erfüllen sind, um eine Weiche oder einen Block zu aktivieren.

1.8 Signalisierungselemente

Ein Zug kann mit folgenden Signalisierungselementen Signale liefern:

a) *Schienenschalter* (SS); dies ist ein 1 cm langes Schienenstück, das durch zwei Sägeschnitte elektrisch vom Rest der rechten Schiene getrennt ist. Die elektrische Überbrückung jeder Trennfuge durch ein Metallrad erzeugt eine kurze Spannungsspitze.

b) *Transistorschalter* (TS); er besteht aus einer einfachen Schaltung, bei der ein Transistor durch eine Lokomotive, die eine TS-Schiene passiert, in den leitenden Zustand versetzt wird.

c) *Mechanischer Schalter* (MS); dies ist ein selbstgefertigter Schalter, der neben der Schiene montiert und von einem unter der Lok befestigten Metallteil betätigt wird.

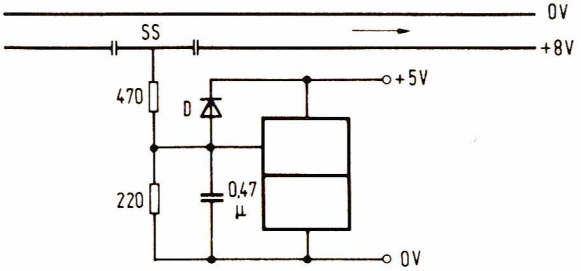


Abb. 1.8.1a Der „Schienenschalter" (SS). Immer wenn ein Metallrad über den Sägeschnitt (2 Stück) rollt, wird das freigesägte Schienenstück mit +8V verbunden. Diese Serie von Einsen wird über einen Spannungsteiler auf etwa 2,6 V (logisch „1") reduziert und an ein A-FF geleitet. Kondensator und Diode sind Schutzbauelemente.

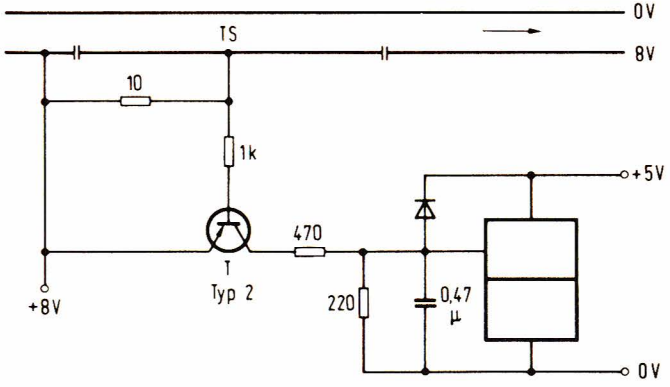


Abb. 1.8.1b Der „Transistorschalter"(TS). Sobald sich die Lokomotive mit allen stromführenden Rädern auf dem freigesägten Schienenstück befindet, fließt der Betriebsstrom über den Widerstand von 10Ω. Der am Widerstand entstehende Spannungsabfall bringt einen Transistor in den leitenden Zustand, der das A-FF umschaltet.

d) *Glasschalter* (GS); er ist auch als Reed-Relais bekannt. Dieser Schalter reagiert auf ein äußeres Magnetfeld, das durch einen unter dem letzten Wagen befindlichen Magneten erzeugt wird.

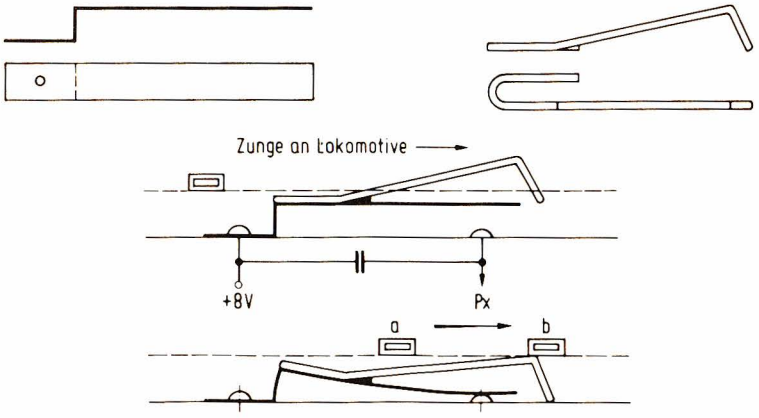


Abb. 1.8.1c Ein mechanischer Schalter, der von einer Zunge an der Seite der Lokomotive betätigt wird, ist aus einer Büroklammer, einem Streifen Kupfer und einem Nagel leicht herstellbar.

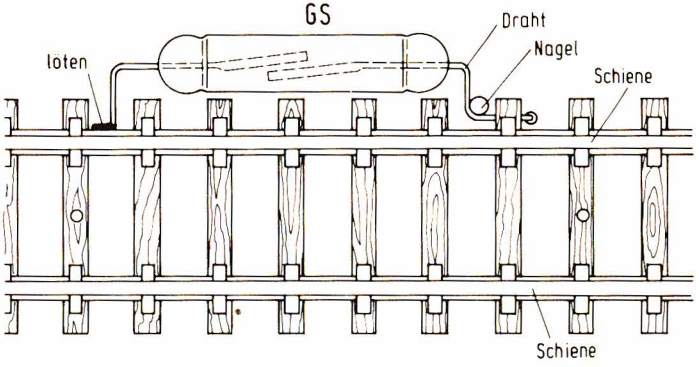


Abb. 1.8.1d Wegen des kleinen N-Spur-Formats ist man gezwungen, die Glasschalter neben der Schiene anzuordnen.

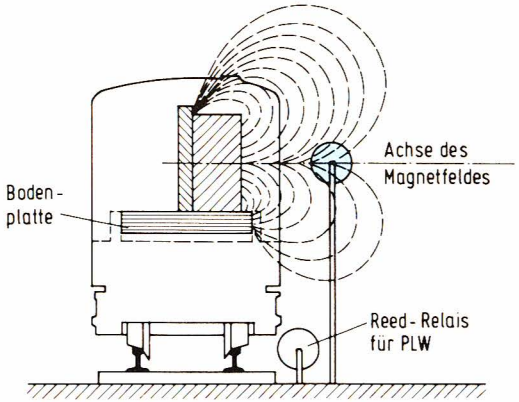


Abb. 1.8.2 Wenn im Waggon ein flacher Magnet an einer in der Mitte des Waggons angeordneten eisernen Abschirmplatte angebracht wird, schließt ein GS bei richtig eingestellter Höhe beim Passieren des Magneten. Wegen der Abschirmung der metallenen Bodenplatte wird der GS für den letzten Waggonimpuls nicht auf diesen Magneten reagieren.

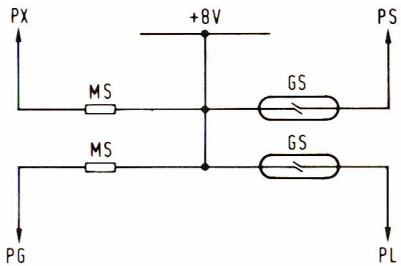


Abb. 1.8.3 In Kombination mit zwei mechanischen Schaltern und zwei Glasschaltern können vier Züge direkt identifiziert werden.

Die Signale a bis c werden durch die Lok erzeugt; Signal d nur durch den letzten Wagen (LW).

Die *Identifizierung* der Züge erfolgt durch

a) die Verwendung mechanischer Schalter unter den Loks,

b) die Verwendung von Magneten in den Waggons oberhalb der Bodenplatte gemeinsam mit Glasschaltern, die neben den Gleisen auf entsprechender Höhe angebracht sind.

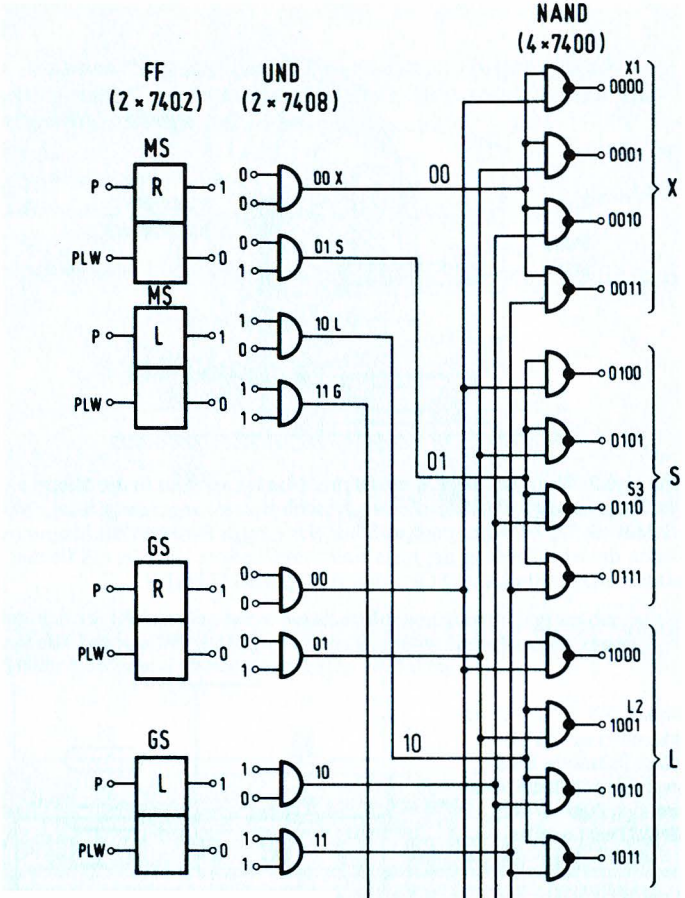


Abb. 1.8.4 Wenn man die beiden mechanischen und die beiden Glasschalter direkt zur Identifizierung von vier Zügen verwendet, macht man keinen optimalen Gebrauch der sich bietenden Kombinationsmöglichkeiten. Man kann nämlich auf einfache Weise $2^4 = 16$ Züge identifizieren. Anstelle der 8 UND-Gatter und der 16 NAND-Gatter kann das Decodierer-IC 74154 verwendet werden. Eine Unterscheidung in Gruppen ist dann allerdings nicht mehr so einfach.

Da die Magneten sowohl links, als auch rechts angebracht sind und durch ein Abschirmblech in der Mitte eine seitliche Richtwirkung ausüben können, sind mit MS und GS je zwei Zugtypen unterscheidbar.

Die einfachste Form der Identifizierung erfolgt aus einem Aufbau nach *Abb. 1.8.3.* Eine Seite jedes Schalters wird dabei direkt an 8 V gelegt. Es können damit aber auch nach folgender Tabelle 16 Züge unterschieden werden:

MS GS	MS GS	MS GS	MS GS
00 · 00	01 · 00	10 · 00	11 · 00
00 · 01	01 · 01	10 · 01	11 · 01
00 · 10	01 · 10	10 · 10	11 · 10
00 · 11	01 · 11	10 · 11	11 · 11

Es sind vier FFs erforderlich, um die Impulse der vier Schalter zu registrieren. Mit den möglichen Kombinationen sind wir in der Lage, Züge individuell und nach Gruppen zu unterscheiden.

1.9 Flip-Flops – Zeitschalter – Netzteil – gedruckte Schaltungen – Zeichnungen – Symbole

Flip-Flops bauen wir nach *Abb. 1.9.1* aus NAND- oder NOR-Gattern auf. Ein NAND-Flip-Flop reagiert auf „1"-„0"-Signale. Da die üblichen Signale der Bahn „0"-„1"-Signale sind, müssen NOR-Flip-Flops eingesetzt werden. Wir haben dazu die gedruckte Schaltung 7440 entwickelt. Das Flip-Flop muß gegen zu hohe Spannungen, Störungen, usw. geschützt werden. Dafür werden am Eingang Widerstände, Kondensatoren und Dioden eingesetzt.

In Anlage A sind hierzu Einzelheiten dargestellt.

Gleichfalls in Anlage A wird die gedruckte Schaltung 7441 für den Bau eines *Zeitschalters* beschrieben. Damit können Züge nach Belieben eine gewisse Zeit zum Stillstand gebracht werden. Auf Bahnhöfen übernimmt der Zeitschalter die Rolle des Bahnhofsvorstehers. Fällt der Zeitschalter wieder in den stabilen Zustand zurück, erhält der Zug praktisch die Genehmigung zur Abfahrt (GA).

Die Anlage A enthält außerdem noch eine gedruckte Schaltung zum Aufbau eines Netzteils, das die erforderlichen Spannungen liefert, nämlich

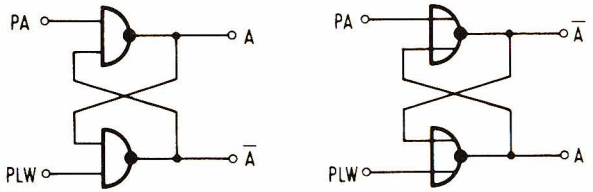


Abb. 1.9.1 Das einfachste Flip-Flop kann mit Hilfe zweier kreuzweise verbundener invertierender Gatter aufgebaut werden. Wir verwenden zwei NAND-Gatter oder zwei NOR-Gatter. Das Verhalten dieser beiden Schaltungen ist unterschiedlich. Ein aus NAND-Gattern aufgebautes FF (links) reagiert auf negative Impulse am Eingang, ein NOR–FF dagegen auf positive Impulse. Letzteres ist also für die Modelleisenbahn geeigneter. Wegen der invertierenden Wirkung entsteht der Vektor A an dem mit PLW angeschlossenen Gatter.

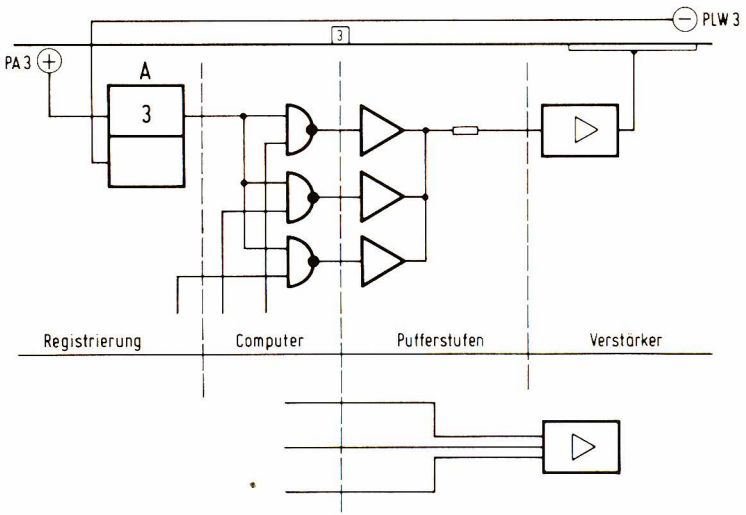


Abb. 1.9.2 Vereinfachte Zeichenweise des Anschlusses der Computereinheiten über Treiber und gegebenenfalls einen Widerstand (bei langen Leitungen) an die Verstärker.

a) Versorgungsspannung Logik 5 V (L)
b) Fahrstromversorgung 8 V und 12 V (R)
c) Versorgungsspannung für die Weichen 16 V . . . 20 V (W)

Schließlich ist in Anlage A noch die gedruckte Schaltung 7442 aufgenommen. Sie ist bestimmt für den Bau aller Verstärkertypen. Zur Vereinfachung der Zeichnungen werden bestimmte Bauelemente weggelassen oder das Symbol gezeichnet.

Das Signal PA wird als Kreis mit Plus-Zeichen und das Signal PLW als Kreis mit Minus-Zeichen dargestellt.

Zwischen den Ausgang eines NAND und den Eingang eines Verstärkers setzen wir ein Puffer des Typs 7407 ein. Das NAND arbeitet mit einer Spannung von 5 V, während die Verstärker mit einer höheren Spannung versorgt werden. Die Pufferschaltung schützt die NANDs gegen die zu hohe Spannung. Gleichzeitig bieten die Puffer den Vorteil des „open-collector"-Ausgangs. Diese Ausgänge dürfen ohne weiteres miteinander verbunden werden (Wired-Or).

Dieser Vorteil kann häufig genutzt werden. Gibt es verschiedene Ziele für einen Zug, so sind mehrere parallele Kreise vorhanden, wovon jeder in der Lage sein muß, den Blockverstärker zu aktivieren. Das Problem ist einfach gelöst durch Verbinden der Ausgänge der Wired-Or-Schaltung.

In den Abbildungen lassen wir die Pufferschaltungen weg. Sie sind Bestandteil des Verstärkersymbols. Bei den ODER-Schaltungen zeichnen wir alle Steuervektoren direkt an das Symbol. Aus Platz- oder Zeichenersparnisgründen werden die Verstärker manchmal nicht mitgezeichnet. Wir begnügen uns dann damit, den Vektor am Ausgang des Verstärkers in Klammern anzugeben, z.B. (B6).

2 Elementare Logik

2.1 Entwicklung eines Gleises

Abb. 2.1.1 zeigt, wie Block 1 durch den Vektor A2 angesteuert wird. Dieser Vektor ist „1", wenn Block 2 besetzt ist, so daß der Verstärker von B1 nicht angesteuert wird. Nach PLW ist B2 leer, und Vektor A2 ist „0", so daß B1 Spannung erhält.

$$B1 = \overline{A2}$$

Es scheint widersprüchlich, den Vektor A2 dem Verstärker anzubieten. Daher ist zu berücksichtigen, daß die Formel auf einer doppelten Inversion beruht (siehe 1.7).

Anstatt den Vektor $\overline{A2}$ zu invertieren, verwenden wir gleich den invertierten Vektor, nämlich A2.

Zur Ansteuerung von B1 sind keine Angaben von B1 erforderlich. Wir nennen dies *„negative Aktivierung"*.

In den meisten Fällen ist *„positive Aktivierung"* erforderlich, d.h. B1 muß besetzt sein, um den Haltabschnitt mit Spannung anzusteuern.

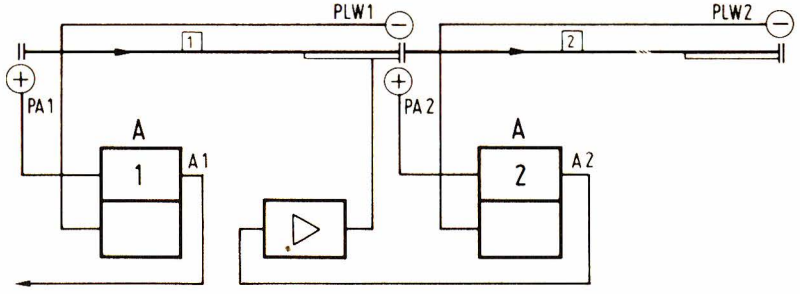


Abb. 2.1.1 In dieser Schaltung wird der Verstärker eines Blockes vom A-FF des Folgeblocks angesteuert.

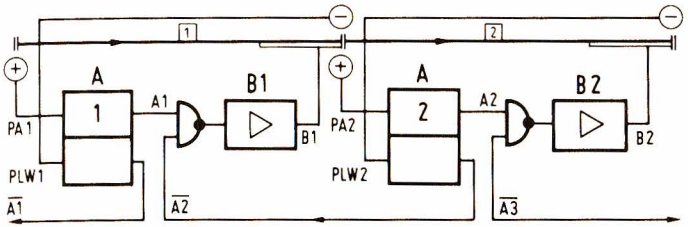


Abb. 2.1.2 In den vorigen Schaltungen war die Anwesenheit eines Zuges in einem Block nicht Bedingung, um dem Block eine Spannung zuzuführen. In obiger Zeichnung ist dies dagegen der Fall.

Dazu muß in die Formel der Vektor A1 aufgenommen werden, so daß gilt:

$$B1 = \overline{A2} \cdot A1$$

2.2 Verzweigung

Eine Weiche kann verzweigen oder bündeln. Durch eine Verzweigung entstehen aus einem Gleis zwei Gleise. Die Weiche muß bedient werden. Bei der *Bedienung* einer Weiche unterscheiden wir die *Steuerung* und die *Umsetzung*.

Die Steuerung setzt voraus, daß die einzunehmende Stellung der Weiche bekannt ist. Eine Umsetzung erfolgt durch Verstärker, die vom Computer auf Grund der Steuerung aktiviert werden.

Die Steuerung erfolgt

a) gerichtet

b) indifferent

Bei der gerichteten Steuerung wird *gefordert*, daß ein bestimmter Zug(-Typ) in eine bestimmte Richtung fährt. Daraus folgt, daß der Zug(-Typ) mittels einer Identifizierung bzw. Feststellen einer Route, welcher der Zug(-Typ) folgen muß, erkannt werden muß, so daß bei jeder Weiche feststeht, in welche Richtung der Zug fahren muß.

Bei der indifferenten Steuerung muß der Zug die Richtung *des* Folgeblocks nach der Weiche einschlagen, der (zuerst) leer ist. Daher muß der Zug die Weiche noch in die richtige Lage umschalten können, wenn er sich in Bewegung befindet.

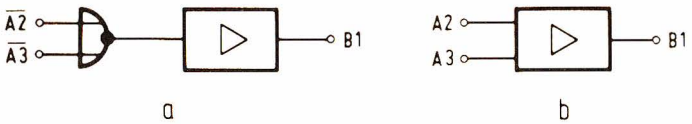


Abb. 2.2.1 Die Zusammenfassung der Vektoren $\overline{A2}$ und $\overline{A3}$ durch ein NOR-Gatter ist nicht erforderlich. Man kann die Vektoren A2 und A3 direkt am Flip-Flop abnehmen und durch Wired-Or-Technik dem Verstärker anbieten.

Bei der Umsetzung von Weichen können wir von zwei Arten sprechen:

a) Normal-Weichen oder N-Weichen
b) Freie Weichen

Die N-Weiche nimmt unter normalen Umständen eine bestimmte Stellung ein, die N-Stellung oder N-Lage. Die Stellung kann auf Grund verschiedener Überlegungen frei gewählt werden. Hat ein Zug die Weiche in Nicht-N-Stellung überfahren, so muß er sie danach wieder in die N-Stellung zurücksetzen. Die Verwendung von N-Weichen führt zur Vereinfachung und Einsparung.

Bei freien Weichen behalten die Zungen der Weichen *die* Lage bei, die sie nach Passieren des letzten Zuges einnahmen. Wir definieren:

Rechts abbiegen ist positiv (+)
Links abbiegen ist negativ (–)

Bei indifferenter Steuerung gilt für den Block:

$$B1 = \overline{A2} + \overline{A3}$$

Abb. 2.2.1 zeigt hierzu eine Schaltung. Bei Wired-Or-Schaltungen kennzeichnen wir das Symbol **+** durch Fettdruck.

Die Weiche wird umgesetzt durch

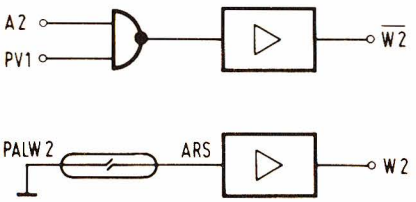
$$W = \overline{A2} \cdot PV\,1$$
$$\overline{W} = A2 \cdot PV\,1$$

Wir verwenden also beide Vektoren eines Folgeblocks. Wir schreiben also nicht:

$$W = \overline{A2} \cdot PV1 \text{ und}$$
$$\overline{W} = \overline{A3} \cdot PV1,$$

denn wenn die Blöcke 2 und 3 leer sind, werden die Weichenzungen in zwei Richtungen gezogen. Dadurch entsteht ein undefinierter Zustand, wodurch die Weiche u.U. halb umgeschaltet ist.

Abb. 2.2.2 Die N-Weiche Nr. 2 erfordert nur ein NAND, einen Standardverstärker und weniger Identifizierung.



Möglich ist die Kombination:

$$W = A3 \cdot PV1$$
$$\overline{W} = \overline{A3} \cdot PV1$$

Die Steuerung zielt auf eine freie Weiche ab. Bei einer N-Weiche mit Normalstellung nach rechts, also Richtung B2, entsteht:

$$\overline{W} = A2 \cdot PV\,1$$
$$W = \overline{PALW3}$$

Abb. 2.2.2 zeigt die zugehörige Schaltung.

Das Zurückschalten der Weiche erfolgt durch PALW3 mittels eines LW-Magneten und eines GS parallel zum Glaskörper hinter der Weiche. Das automatische Zurückschalten wird in den Abbildungen mit ARS (Automatisches Reset) gekennzeichnet.

Bei N-Weichen entfällt die Identifizierung der Züge, die in N-Richtung fahren; der GS-W-Verstärker für ARS ist einfacher aufgebaut, als der C-W-Verstärker.

Bei gerichteter Steuerung gibt es immer eine Identifizierung IF. Die IF bedeutet für jede Weiche das Sortieren der Züge in Gruppen, die links oder rechts abbiegen müssen. Die IF-Impulse können wir daher unterscheiden in PTpR und PTpL. Die Impulse werden immer an ein FF geleitet. Die Vektoren dieses FF sind zur Ansteuerung des Blockabschnittes vor der Weiche erforderlich.

Die Umschaltung der Weiche hängt, außer von der Wahl zwischen N-Stellung und freier Weiche, auch von der Frage ab, ob über die Weiche Verkehr aus einem Block oder aus mehreren Blöcken rollt.

Kommt der Verkehr einer Weiche ausschließlich aus einem Vorblock, so dürfen die Weichenzungen *direkt* durch die IF-Impulse umgesetzt werden. Ist dies nicht der Fall, so müssen die Zungen durch das Signal PA umgelegt werden.

Die unterschiedlichen Arten der FF-Steuerung werden durch Abbildungen dargestellt. Bei der wechselweisen Ansteuerung gebrauchen wir PALW beider Gleise hinter der Weiche, um die Weiche nach Passieren des Zuges jeweils in die andere Richtung zu schalten. Das schließt nicht aus, daß die Weiche nach einem IF-Signal in die gewünschte Richtung geschaltet werden kann.

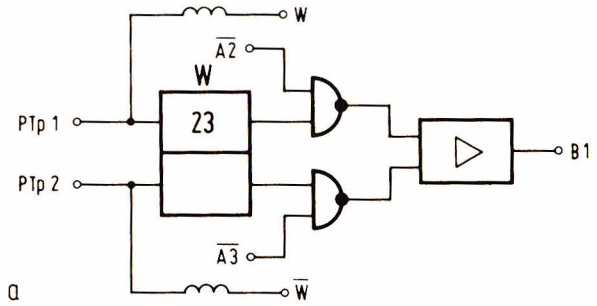


Abb. 2.2.3a Bei gerichteter Steuerung erfolgt immer eine Identifizierung. In diesem Schema wird die freie Weiche 23 direkt durch die Identifizierungsimpulse umgesetzt. Die Aktivierung eines Blockes wird verursacht durch die günstige Kombination der Weichenstellung und des Nichtbesetztseins des entsprechenden Folgeblocks.

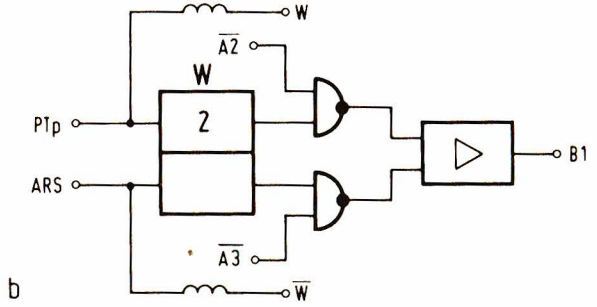


Abb. 2.2.3b Die N-Weiche bietet in diesem Fall keinen Vorteil.

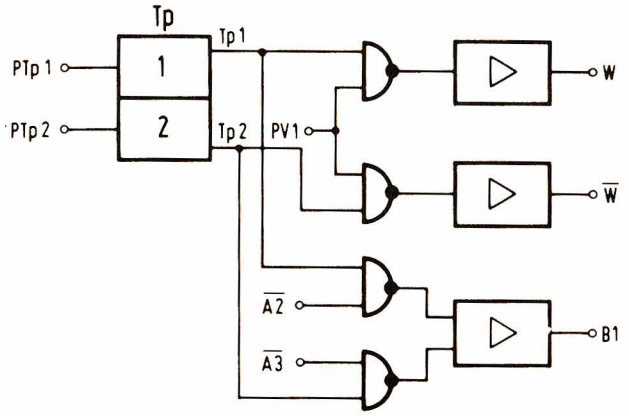


Abb. 2.2.3c Bei der direkten Umschaltung der Weiche wird bei Identifizierung nur der Zugtyp im FF registriert. Die Weiche wird durch den Impuls Abfahrt umgeschaltet.

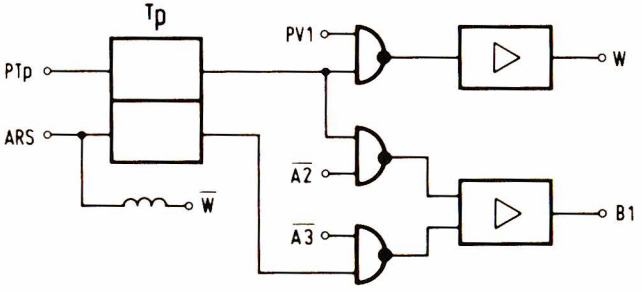


Abb. 2.2.3d Die Verwendung der N-Weiche ergibt hier einen Vorteil.

2.3 Bündelung

Bündelnde Weichen werden nicht bedient. Die Weichenzungen werden vom Umschaltmechanismus getrennt, so daß sie in der Lage verharren, in die sie die Lok versetzt hat.

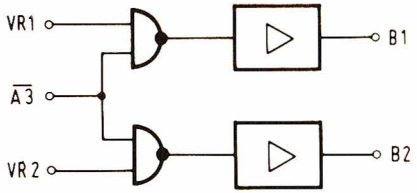


Abb. 2.3.1 Die Betätigung eines Vorblockes setzt die Anerkennung eines Vorrangs voraus. Gemeinsam mit der Voraussetzung, daß der Folgeblock unbesetzt ist, wird der Block negativ aktiviert.

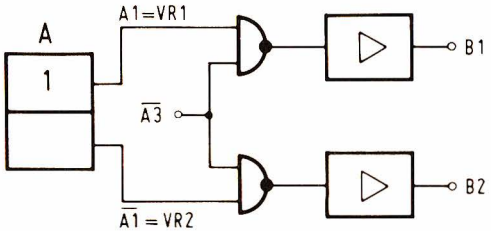


Abb. 2.3.2a Die Ausgänge eines A-FF können als Vorrangs-Vektoren fungieren. Der Block, dessen A-FF auf diese Weise eingesetzt wird, ist dominant.

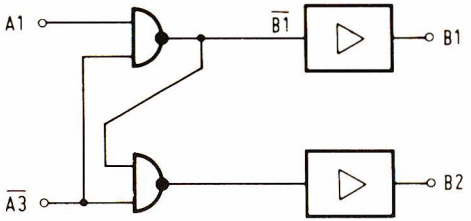


Abb. 2.3.2b Verwendet man das steuernde Signal eines Vorblockes, um das andere zu blockieren, so entsteht eine Semi-Flip-Flop-Schaltung. Auch hierbei muß im abhängigen Block, hier B2, ein vorzeitiger PA-Folgeblock verwendet werden. Der blockierende Block (B1) muß immer positiv aktiviert werden, um ein unnötiges Warten des Zuges im abhängigen Block zu verhindern. Die Schaltung könnte ohne den Vektor A1 nicht arbeiten.

Damit Zusammenstöße auf Weichen verhindert werden, definieren wir den Vektor Vorrang VR. Jeder Zug erhält VR auf Kosten der Züge der angrenzenden Blöcke. VR ist gegeben, wenn das Signal „1" ist; alle anderen Blöcke haben dann ein VR = „0". Der VR-Vektor erhält die Nummer des Blockes.

Die Grundschaltung einer VR-Regelung zeigt *Abb. 2.3.1.*

$$B1 = \overline{A3} \cdot VR1$$
$$B2 = \overline{A3} \cdot VR2$$

Es gilt VR1 = 0, wenn VR2 = 1 und umgekehrt.

Es gibt sechs Vorrangschaltungen. Jedes FF liefert die erforderlichen Vektoren, wobei jeweils der eine „0" ist, wenn der andere „1" entspricht, und umgekehrt. Wir können also das A-FF eines Vorblocks nach *Abb. 2.3.2a* schalten. Es gilt:

$$B1 = \overline{A3} \cdot A1$$
$$B2 = \overline{A3} \cdot \overline{A1}$$

Da Zg2 nur fährt, wenn $\overline{A1} = 1$, legt jeder Zug in Block 1 den Verkehr in Block 2 still; daher wird dieser Schaltung die Bezeichnung *„Dominant-Schaltung"* (DOM) gegeben.

Eine Abschwächung dieser dominierenden Wirkung erhalten wir durch die *„Semi-Dominant-Schaltung"* der *Abb. 2.3.2b.* Dafür gilt:

$$B1 = \overline{A3} \cdot A1$$
$$B2 = \overline{A3} \cdot \overline{B1}$$

Diese Abschwächung entsteht erst, wenn vor B1 außer den beiden genannten Vektoren noch eine oder mehrere Bedingungen gelten, z.B. die Stellung einer Weiche (*Abb. 2.4.2*).

Durch Verdoppelung der Semi-Kopplung entsteht die *Roulette-Schaltung* ROU. Hierbei haben beide Blöcke gleiche Priorität.

Die FIFO-Schaltung (von *first in, first out*) regelt den Vorrang auf Grund der Reihenfolge der in die Vorblöcke einfahrenden Züge. Es gibt

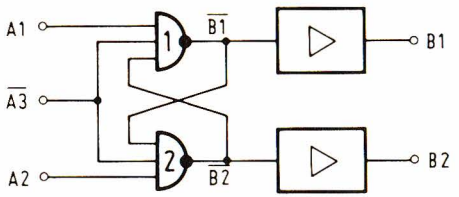


Abb. 2.3.3 Die Roulette-Schaltung liefert theoretisch die neutralste Regelung des Vorrangs. In beiden Blöcken ist hier positive Aktivierung erforderlich.

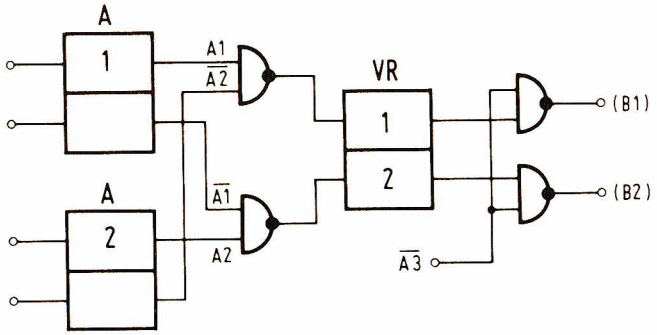


Abb. 2.3.4 In der FIFO-Schaltung entsteht der Vorrang als Folge der in die Vorblöcke einfahrenden Züge. Der Vorrang wird nun in einem FF abgespeichert, das aus NAND-Gattern aufgebaut ist, weil die steuernden Signale logisch „0" sind. Die Ausgänge liefern die Vorrangsvektoren als logisch „1"; diese werden in der Grundschaltung ganz normal verarbeitet.

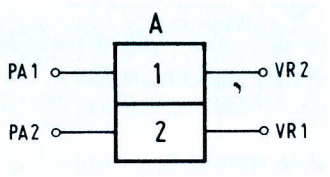


Abb. 2.3.5a Bei der Staffel-Schaltung verwenden wir ein kombiniertes A-FF für beide Vorblöcke.

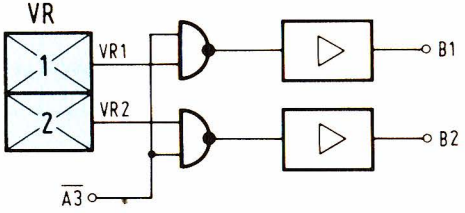


Abb. 2.3.5b Ein langsamer astabiler Multivibrator, bekannt als Blinklichtschaltung, kann einen Verkehrspolizisten ersetzen und zeitlich Vorfahrt verleihen. In diesem Fall sind zusätzliche Sicherheitsmaßnahmen erforderlich.

zwei VR-Schaltungen, durch die Züge nach Ankunft in den Vorblöcken künstlich zum Warten gezwungen werden.

Die *Staffel-Schaltung* ESTA regelt die Abfahrt nach Einfahrt eines Zuges in einen anderen Block. Es gilt:

$$VR1 = A2$$
$$VR2 = A1$$

Beide Blöcke werden auf ein FF nach *Abb. 2.3.5a* geschaltet.

Eine andere Schaltung ist die *Halt-Signal-Schaltung* STOP. Wir setzen dabei einen langsamen astabilen Multivibrator ein. Er verleiht jeweils für eine bestimmte Zeit Vorrang dem einen oder anderen Block. Die Umschaltzeiten liegen bei etwa 15 Sekunden oder mehr.

Sowohl bei DOM- als auch bei STOP-Schaltungen müssen Maßnahmen getroffen werden, damit keine Unfälle passieren. Dafür wird das Signal PA3 verwendet.

Fährt ein nichtdominanter Zug aus B2 nach B3 ab, so vergeht eine gewisse Zeit, bis der Folgeblock besetzt wird. Der Zug muß immer die Weiche passieren. Ist der Zug langsam, so kann sich im anderen Block ein superschneller Zug nähern. Da dieser dominant ist, kann der langsame Zug ihn nicht aufhalten. Die einzige Möglichkeit, sich diesen aufdringlichen Konkurrenten vom Leib zu halten, ist vorzeitiges Besetzen des Folgeblocks B3. Dies geschieht durch Anbringen eines TS oder SS vor der Weiche, dem wir die Bezeichnung PA3 geben. Ein TS ist vorteilhafter, als ein SS, denn letzterer führt keine Spannung, so daß eine Lok zum Stillstand kommen kann, wenn die Fahrt nicht ausreicht, um den SS zu überfahren.

Entsprechendes gilt für STOP in beiden Blöcken, wobei obendrein die Haltabschnitte der Vorblöcke verlängert werden müssen. Die Aktivierung eines Blockes kann i.a. in Boole'scher Schreibweise folgendermaßen formuliert werden:

$$Bx = GAx \cdot Qx \cdot VRx$$

Dabei ist

GAx	Genehmigung Abfahrt für Block x
Qx	Gemeinsame Bahnbedingungen für einen Zug aus Block x
VRx	Vorrang für Block x

GA ist ein Vektor, der aus Zeitschaltungen geliefert wird. Q ist ein Parameter, den wir einfachheitshalber für alle Bahnbedingungen verwenden, darunter Folgeblock des Ziels, y-Block (eventuell) und erforderliche Weichenstellung. VR ist der soeben besprochene Vektor.

Diese Vektoren müssen „1" sein, damit die Verstärker aktiviert werden.

2.4 Verbindungen zwischen zwei Gleisen

Abb. 2.4.1 zeigt eine einfache Verbindung. Sie enthält gleichzeitig eine Bündelung und eine Verzweigung. Bei dieser Konstellation können zwei Züge nebeneinander fahren. Solche Schaltungen nennen wir FEIN, im Gegensatz zu Schaltungen, die eine gleichzeitige Bewegung nicht zulassen, und die wir mit GROB bezeichnen.

Da B1 hier dominant wird, ist die Schaltung GROB; wird B2 dominant, so wird die Schaltung FEIN.

In *Abb. 2.4.2* ist B1 wegen der SEMI-Schaltung offensichtlich dominant; wegen des Weichenvektors am NAND von B1 haben wir jedoch eine FEIN-Regelung erzeugt. B2 wird erst dann durch B1 blockiert, wenn dieser Block durch einen Zug, der nach B4 fährt, aktiviert wird.

Bei einer doppelten Verbindung nach *Abb. 2.4.3* entsteht ein neues Problem. Es zeigt sich, daß unabhängig von der Vorrangregelung, in einem solchen Komplex immer das Risiko von Zusammenstößen durch Wegfall des VR durch den zuerst abfahrenden Zug besteht. Die Ursache liegt im Verändern der logischen Werte der Vektoren, welche die Grundlage für die Entstehung des VR-Signals bildeten.

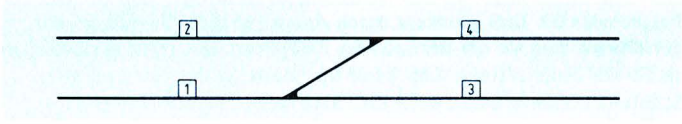


Abb. 2.4.1 Eine einfache Verbindung ist die Kombination aus Verzweigung und Bündelung.

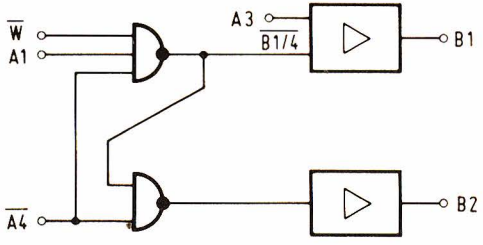


Abb. 2.4.2 Kombiniert man mehrere Vektoren zur Betätigung des dominanten Blockes in einer SEMI-Schaltung, so entsteht die FEIN-Regelung des Verkehrs.

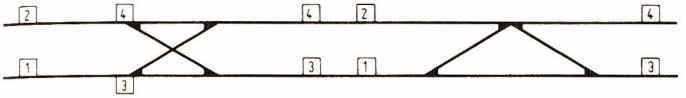


Abb. 2.4.3 Eine doppelte Verbindung zwischen zwei Gleisen besteht aus zwei verzweigenden und zwei bündelnden Weichen.

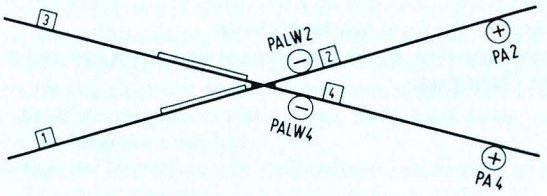


Abb. 2.4.4 Die Sicherung einer Kreuzung erfolgt hier durch Verwendung des Signals PALW hinter der Kreuzung für PLW-Vorblock und PA-Folgeblock.

Dieser Gefahr kann begegnet werden durch den y-Block. Dies ist kein Blockabschnitt, sondern nur ein zusätzliches Flip-Flop, das Ay-FF. Es wird angesteuert durch PA jedes Zuges, der sich in Richtung eines Weichenkomplexes in Bewegung setzt. Wir bringen in beiden Blöcken B1 und B2 einen TS und hinter dem Komplex zwei GS für PALW3 bzw. 4 an, womit jeder Zug nach Passieren den y-Block freigibt. In die Aktivierung nehmen wir noch den Vektor $\overline{Ay}$ auf. Solange der Komplex leer ist, stellt dieser Vektor den Wert „1" dar; nach Besetzung wird er „0". Damit können alle Blöcke, die Zugang zu dem Komplex ermöglichen, blockiert werden.

Für dieses Beispiel gilt:

$$B1 = (\overline{A3} \cdot W3 + \overline{A4} \cdot \overline{W3}) \cdot \overline{Ay} \cdot A1 \cdot \overline{B2}$$
$$B2 = (\overline{A3} \cdot W4 + \overline{A4} \cdot \overline{W4}) \cdot \overline{Ay} \cdot \overline{B1} \cdot A2$$

Für eine Kreuzung gilt:

$$B1 = \overline{A2} \cdot VR1$$
$$B2 = \overline{A4} \cdot VR3$$

Durch Einführung eines ROU entsteht:

$$B1 = \overline{A2} \cdot A1 \cdot \overline{B3}$$
$$B3 = \overline{A4} \cdot \overline{B1} \cdot A3$$

Durch die Bewegung des Zuges kommt es auch hier zu Änderungen der Vorzeichen der Vektoren, so daß die Notwendigkeit eines y-Blockes gegeben scheint. Wir können das Problem aber auch durch einen Kunstgriff lösen.

Die GS für PLW in beiden Vorblöcken setzen wir hinter die Kreuzung. Das Symbol PALW2 bzw. 4 verwenden wir gleichzeitig für zwei Ziele, nämlich PLW1 und PA2 und im anderen Gleis entsprechend PLW3 bzw. PA4. Damit ist die Sicherheit gewährleistet.

Hiermit schließen wir die Einleitung ab und gehen über zu komplizierteren Gleisanlagen.

3 Größere Weichenkomplexe

3.1 Einleitung

Die bisher entwickelten Schaltungen steuern relativ einfache Schienenkomplexe. Durch Erweiterung des Schienennetzes entstehen auch größere Weichenkomplexe mit den damit verbundenen Problemen. Wir haben zur Formulierung dieser Probleme eine allgemeine Form gewählt, die als Ausgangspunkt dienen kann, unabhängig davon, wie man dieses Problem lösen möchte.

Je häufiger der Mikrocomputer Einsatz findet, umso mehr ist auch an seinen Einsatz im Bereich der Modelleisenbahn zu denken. Die erarbeiteten Lösungsmöglichkeiten sind universell gehalten, so daß sie auch für den Einsatz von Mikrocomputern geeignet sind. In dem Zusammenhang müssen wir daran erinnern, daß der Vektor in unserem System nur in *einer* Richtung abläuft; diese Tatsache ist bei der Signalisierung zu berücksichtigen.

Der Ausgangspunkt für alle Verkehrsprobleme ist die in 2.3 genannte Verkehrsformel

$$Bx = GAx \cdot Qx \cdot VRx.$$

Es bedeuten:

Bx	:	**Block x ist mit Spannung zu versorgen**
=	:	**Wenn die folgenden Bedingungen 1 sind**
GAx	:	**Genehmigung Abfahrt für Block x**
Qx	:	**Die gemeinsamen Bahnbedingungen für Block x**
VRx	:	**Vorrang von Block x.**

Bei der Entwicklung von Schaltungen für größere Weichenkomplexe verwenden wir diese Formel als Grundlage.

Ohne Schwierigkeiten können wir bei Anwendung der Formel eine einfachere Formulierung angeben. Die Indices können weggelassen werden. Es folgt:

$$B = GA \cdot Q \cdot VR$$

Es liegt eine gewisse Logik in der Reihenfolge der genannten Vektoren in dieser Formel. Der Zug darf nur abfahren, wenn

a) die Abfahrt genehmigt ist (GA),
b) die Folgeblöcke frei sind,
c) dem Zug der Vorrang übertragen wurde.

Es hat keinen Zweck, durch Zuerkennung eines Vorrangs konkurrierende Züge zum Stillstand zu bringen, solange es keine GA gibt. Sicher ist dies eine etwas theoretische Art, das Problem anzugehen, weil in manchen Fällen der Vorrang nach einem fest vorgegebenem Muster verliehen wird und daher vor den beiden anderen Vektoren existiert. GA ist ein Vektor, der nach Wunsch verwendet werden kann. Er ist nicht relevant für die Verkehrssicherheit und kann in der Formel weggelassen werden. Es verbleibt der Rest

$$B = Q \cdot VR$$

Diese kurze Formel bietet eine gute Gelegenheit, bei der Ausarbeitung komplizierter Situationen die verschiedenen Vektoren, die dabei eine Rolle spielen, in Zeilen und Spalten aufzulisten und dabei die Haupteinteilung Q und VR als Rahmen zu verwenden. Ausarbeitungen verschiedener Verhältnisse in diesem Buch verdeutlichen diesen Gedankengang.

3.2 Verzweigungen auf mehr als zwei Gleise

Größere Verzweigungen bilden kein neues Problem. Für eine Situation nach *Abb. 3.2.1a* gilt:

$$\begin{aligned} B1 = {} & \overline{A2} \cdot W23 \\ & + \overline{A3} \cdot \overline{W23} \cdot W34 \\ & + \overline{A4} \cdot \overline{W23} \cdot \overline{W34} \end{aligned}$$

Man lese einmal laut vor, was hier in der „Stenografie" von Boole niedergeschrieben ist:

Block 1 wird aktiviert wenn
entweder Block 2 leer ist und Weiche 23 nach rechts steht
oder Block 3 leer ist, Weiche 23 nach links und Weiche 34 nach rechts steht
oder Block 4 leer ist und beide Weichen nach links stehen.

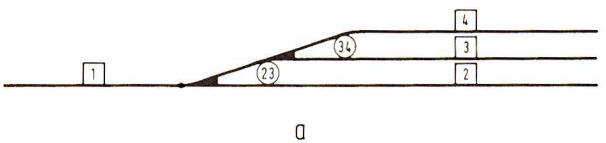


Abb. 3.2.1 Bei einer Verzweigung auf mehrere Gleise wird die „Wired-Or-Schaltung" entsprechend erweitert.

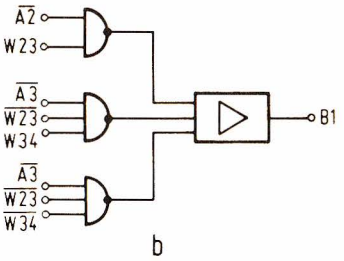


Abb. 3.2.1 Blockansteuerung in Wired-Or-Technik

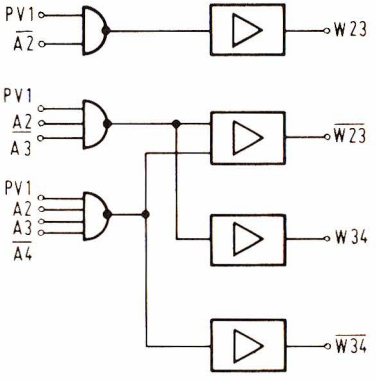


Abb. 3.2.2 Schaltung für indifferente Steuerung mehrerer Weichen mit Vorzug für Block 2

Da die Stellungen der Weichen nach dieser Formel bei der Ansteuerung von Block 1 eine Rolle spielen, liegt eine gerichtete Weichensteuerung vor.

Die Weichen werden dabei direkt durch die identifizierenden Impulse der Züge in Block 1 gesteuert. Die Schaltung der Blockansteuerung besitzt am Ausgang Wired-Or-Technik nach *Abb. 3.2.1b.*

Im Falle indifferenter Weichensteuerung wird die Blockansteuerung folgendermaßen geregelt:

$$B1 = \overline{A2} + \overline{A3} + \overline{A4}$$

Die Umschaltung erfolgt nach dem Schema:

Richtung B2 : $W23 = PV1 \cdot \overline{A2}$

Richtung B3 : $\overline{W23} \cdot W34 = PV1 \cdot A2 \cdot \overline{A3}$

Richtung B4 : $\overline{W23} \cdot \overline{W34} = PV1 \cdot A2 \cdot A3 \cdot \overline{A4}$

Hierdurch entsteht eine Verkehrsregelung mit Vorzug für den leeren Folgeblock mit der kleinsten Zahl. Sind B2 und B4 leer, so fährt Zg1 nach B2.

Die Schaltung der Weichenverstärker zeigt *Abb. 3.2.2.*

3.3 Erweiterung des DOM

Das Prinzip der Dominantschaltung läßt sich für bündelnde Weichen einfach auf mehrere Blöcke anwenden. Es entsteht dann:

	Q	VR
B1 =	+	(A1)
B2 =	+	$\overline{A1}$ · (A2)
B3 =	+	$\overline{A1}$ · $\overline{A2}$ · (A3)

Folgendes zur Erinnerung und Verdeutlichung: Die Anordnung der Vektoren dieser Tabelle erfolgte nach dem in 3.1 vorgegebenen Rahmen.

Das +-Zeichen in Spalte Q deutet an, daß die Bahnbedingungen erfüllt sind. Unter Bahnbedingungen verstehen wir, daß die Weichen die richtige Stellung einnehmen, und daß die folgenden Blöcke frei sind. Dazu zählen wir auch den y-Block. Die Klammern um die Vektoren zeigen an, daß diese Vektoren wegfallen können, falls mit negativer Aktivierung gearbeitet wird. Letzteres bedeutet weiterhin, daß der Block angesteuert werden darf, ohne daß sich darin ein Zug befindet.

Die Zahlen 1, 2, 3 und 4 *in der Formel* sind zur Unterscheidung der verschiedenen Blöcke eingeführt. Sie beziehen sich daher auch nicht auf die Blocknummern der Bahn. Bei dieser relativen Numerierung hat B1 die höchste und B4 die niedrigste Priorität.

Bei Anwendung dieser Vorrangregelung auf mehrere Blöcke ist man frei in der Verteilung der Vorrang-Prioritäten.

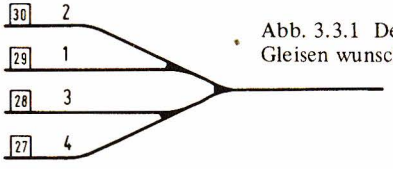


Abb. 3.3.1 Der Vorrang kann bei mehreren Gleisen wunschgemäß geregelt werden. In der Darstellung hat B29 höchste Priorität, B30 die nächste usw.

Betrachten wir die Situation in *Abb. 3.3.1* mit den vier Blöcken 27 . . . 30. Außer den Blocknummern kommen auch die Zahlen 1 . . . 4 vor, die angeben, welches Gleis die höchste Priorität besitzt und welche Gleise darauf folgen. In diesem Fall wird Gleis 29 die höchste Priorität zuerkannt; dann folgt B30, B28 und B27. Wir werden als nächstes ein Blockier-Diagramm für die Vorrangsituation aufzeichnen. Ein solches Diagramm ist zur Ausarbeitung der Formeln nützlich. In diesem Diagramm blockiert immer der Block, der in der linken Eingangsspalte steht alle Blöcke, die in der oberen Zeile stehen, wenn dies durch den Buchstaben D gekennzeichnet ist. Block 30 z.B. blockiert B27 und B28, wird selbst aber durch B29 blockiert, weil in Spalte 30 und Zeile 29 ein D steht.

B	27	28	29	30
27				
28	D	(A28)		
29	D	D	(A29)	D
30	D	D		(A30)

An Hand dieses Diagramms stellen wir die Ansteuerung der Blöcke folgendermaßen dar:

	Q	VR
B27 =	+	$\overline{A28} \cdot \overline{A29} \cdot \overline{A30}$
B28 =	+	$(A28) \cdot \overline{A29} \cdot \overline{A30}$
B29 =	+	(A29)
B30 =	+	$\overline{A29} \cdot (A30)$

Da die Weiche keine Rolle spielt und ein y-Block nicht erforderlich ist, fahren wir fort mit SEMI.

3.4 Erweiterung der SEMI-Schaltung

Wir konzentrieren uns gleich auf die Blöcke 27 . . . 30, regeln aber den Vorrang wie folgt:

27	3
28	1
29	2
30	4

Das Blockierdiagramm auf dieser Basis sieht dann folgendermaßen aus:

B	27	28	29	30
27	A27			S
28	S	A28	S	S
29	S		A29	S
30				–

B29 mit der zweiten Priorität blockiert also B27 und B30 mit der SEMI-Kopplung (daher S in Zeile 29), hat aber das Nachsehen gegenüber B28 (siehe S in Spalte 29, Zeile 28). Daraus folgen die Blockansteuerungen:

	Q	VR
B27 =	+	$A27 \cdot \overline{B28} \cdot \overline{B29}$
B28 =	+	$A28$
B29 =	+	$\overline{B28} \cdot A29$
B30 =	+	$\overline{B27} \cdot \overline{B28} \cdot \overline{B29} \cdot (A30)$

Damit Sie einen Eindruck erhalten, wie dies in einer Schaltung realisiert wird, zeigen wir die entsprechende *Abb. 3.4.1.* A30 fehlt bei N4, da B30 selbst nicht blockiert. Dies wird anders, wenn wir auf ROU übergehen.

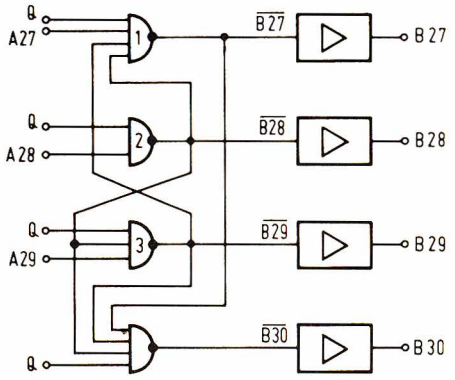


Abb. 3.4.1 Sicherung von vier Gleisen durch SEMI-Kopplungen mit der Vorrang-Reihenfolge B28, B29, B27 und B30.

3.5 Erweiterung der ROU-Schaltung

Auch diese Schaltung läßt sich einfach für mehrere Gleise erweitern. Wir zeichnen zunächst wieder ein Blockierdiagramm, obwohl dies bei ROU-Schaltungen weniger Bedeutung besitzt. Alle Blöcke haben gleiche Bedeutung. Es ist kein spezieller Vorrang zuzuerkennen.

B	27	28	29	30
27	A27	R	R	R
28	R	A28	R	R
29	R	R	A29	R
30	R	R	R	A30

In allen Zeilen stehen nun die Buchstaben R, und alle Blöcke sind positiv aktiviert, da sie alle einen blockierenden Einfluß auf die anderen Blöcke besitzen. Die Formeln für die Blockaktivierung lauten:

	Q	VR
B27 =	+	$A27 \cdot \overline{B28} \cdot \overline{B29} \cdot \overline{B30}$
B28 =	+	$\overline{B27} \cdot A28 \cdot \overline{B29} \cdot \overline{B30}$
B29 =	+	$\overline{B27} \cdot \overline{B28} \cdot A29 \cdot \overline{B30}$
B30 =	+	$\overline{B27} \cdot \overline{B28} \cdot \overline{B29} \cdot A30$

In *Abb. 3.5.1a* haben wir ein Beispiel einer vollständigen Kopplung dreier Blöcke mittels ROU nach obigen Formeln aufgezeichnet. Wir verwenden hierfür NANDs mit vier Eingängen (NAND (4)).

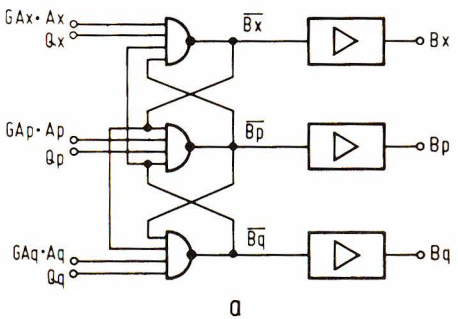


Abb. 3.5.1a Bei dieser ROU-Schaltung zwischen drei Gleisen blockiert ein Block immer die beiden anderen. Es gibt hier keinen Vorzug für ein bestimmtes Gleis.

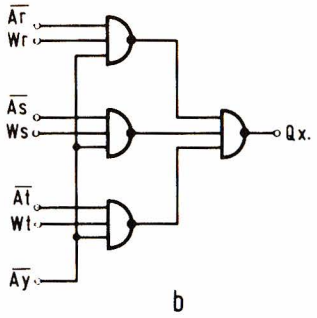


Abb. 3.5.1b Die Bahnbedingungen können in dieser Schaltung separat zusammengefaßt werden. Unter die Bahnbedingungen fallen die Folgeblöcke r, s und t, der y-Block und die Weichenstellungen. Das Ergebnis wird an einen Eingang eines der NANDs der Abb. 3.5.3a als Qx gelegt.

Wir belegen:

Eingang 1 mit GAx · Ax; Eingang 3 mit $\overline{Bp}$
Eingang 2 mit Qx; Eingang 4 mit $\overline{Bq}$

An Eingang 1 legen wir GA und A. An Eingang 2 führen wir die Bahnbedingungen, die aus einer Schaltung nach *Abb. 3.5.1b* resultieren. Die Buchstaben p und q beziehen sich auf die beiden anderen Blöcke.
In *Abb. 3.5.2* sind mehrere Gleise gegen den Verkehr der angrenzenden Blöcke gesichert. Gleichzeitiger Verkehr ist möglich für B1 und B3, B1 und B4 sowie B2 und B4. Dafür gelten folgende Aktivierungen:

	GA	Q	VR			
B1 =	GA1 ·	Q1 ·	A1 ·	$\overline{B2}$		
B2 =	GA2 ·	Q2 ·	$\overline{B1}$ ·	A2 ·	$\overline{B3}$	
B3 =	GA3 ·	Q3 ·		$\overline{B2}$ ·	A3 ·	$\overline{B4}$
B4 =	GA4 ·	Q4 ·			$\overline{B3}$ ·	A4

Die eingerahmten Vektoren bilden jeweils eine ROU-Kopplung.

	GA	Q	VR	
B1 =	GA1 ·	Q1 ·	A1 · $\overline{B2}$ ·	$\overline{B3}$
B2 =	GA2 ·	Q2 ·	$\overline{B1}$ · A2 ·	$\overline{B3}$
B3 =	GA3 ·	Q3 ·		A3 · $\overline{B4}$
B4 =	GA4 ·	Q4 ·	$\overline{B1}$ · $\overline{B2}$ ·	$\overline{B3}$ · A4

Hier sind zwei ROU-Kopplungen unabhängig voneinander. B1 und B2 bilden für B4 eine SEMI-Blockierung, während B1 und B2 durch B3 blockiert werden.

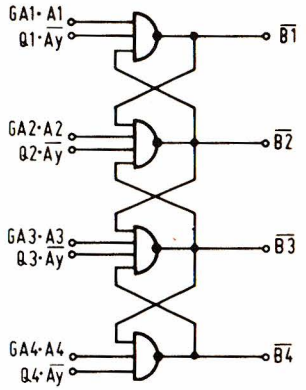


Abb. 3.5.2 Schaltung zur Verkehrssicherung angrenzender Blöcke. Gleichzeitiger Verkehr ist in B1 und B2, B1 und B4 sowie B2 und B4 möglich.

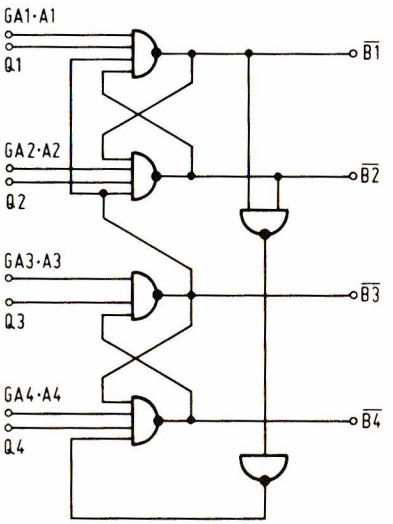


Abb. 3.5.3 Willkürliche Kombination von SEMI- und ROU-Kopplungen. Auf ähnliche Weise kann Vorrang, DOM, SEMI und ROU gemischt angewendet werden.

3.6 Erweiterung der FIFO-Schaltung

Bei der FIFO-Schaltung entstehen gewisse Schwierigkeiten bei Anwendung auf mehr als zwei Gleise. Bei drei Gleisen kann die Schaltung der *Abb. 3.6.1a* verwendet werden. In einer Schaltung mit drei A-FFs wird pro Anordnung der Vorrang wie bereits besprochen verliehen. Dadurch entstehen drei VR-FFs, nämlich 1/2, 2/3 und 3/1. Der letztliche Vorrang eines Blockes folgt aus dem Vorrang, den der Block von zwei VR-FFs erhalten hat. Da die Kombination der Vektoren über ein NAND läuft,

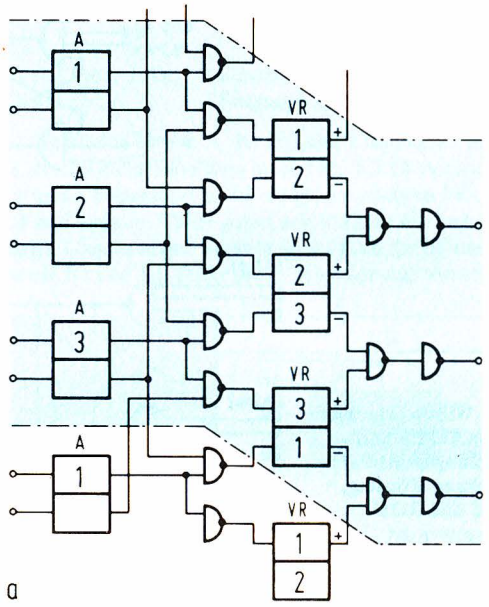
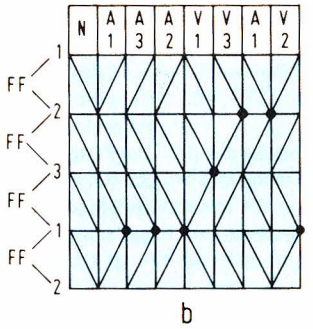


Abb. 3.6.1a Bei FIFO in drei Gleisen entsteht der Vorrang wegen des gleichzeitigen relativen Vorrangs zweier VR-FFs. Die Züge fahren in der gleichen Reihenfolge ab, wie sie gekommen sind. Der FIFO-Vorrang ist auf diese Weise in drei Gleisen zu regeln; für mehr als drei Gleise ist ein Schieberegister zu verwenden.

Abb. 3.6.1b Dieses Diagramm zeigt die Entstehung des Vorrangs (siehe schwarzer Punkt) durch Kombination zweier relativer Vorränge bei VR-FFs.



entsteht eine „0", die noch invertiert werden muß, wie dies die Abbildung zeigt. Unten erkennen wir in der Abbildung, wie sich die Polaritäten der FFs bei Einfahrt und Ausfahrt der Züge verhalten. Der logische Wert der FFs wird hier angegeben durch eine schräge Linie. Die Linie fällt für „0" nach links und für „1" nach rechts ab. Wir gehen von der neutralen Lage der FFs aus, d.h. von logisch „0".

Wir können nach obiger Überlegung die FIFO-Schaltung nicht erweitern. Sollten wir diese Schaltung auf vier Gleise anwenden, so könnten gleichzeitig für Zugpaare Vorrang zuerkannt werden, z.B. der Zugkombination 1 und 3 gegenüber 2 und 4.

Das FIFO-Prinzip könnte durch Verwendung einer anderen Schaltung auf vier oder mehr Gleise angewendet werden. In *dem* Fall müssen wir ein neues Bauelement einführen, das D-Flip-Flop. Mit solchen FFs können Schieberegister aufgebaut werden. Auf Details werden wir nicht eingehen.

3.7 Unterscheidung und Test der Schaltungen

Die sechs beschriebenen Schaltungen bilden zwei Gruppen:

a)	DOM	SEMI	ROU	FIFO
b)	ESTA	STOP		

Jede Schaltung verhält sich anders; um die Schaltungen zu vergleichen, überprüfen wir sie an Hand verschiedener Situationen mit einem Indikator:

Indikator	*Beschreibung des Tests*
Verhalten	Ein Zug fährt auf einem Gleis ein, während das andere Gleis leer bleibt. Überprüfe, ob der Zug anhält, wenn der Folgeblock leer ist.
Vorrang	Zwei Züge warten vor einer bündelnden Weiche, weil der Folgeblock besetzt ist. Überprüfe die Priorität, wenn der Folgeblock freigegeben wird.
Wartezeit	Im vorigen Test wird einer der Züge abfahren. a) Untersuche, wie sich der andere wartende Zug verhält, nachdem der Folgeblock wieder vom nächsten Zug verlassen wurde. b) Überprüfe, was geschieht, wenn innerhalb der Wartezeit des zweiten Zuges in den anderen Block wieder ein Zug einfährt.

Die Schaltungen liefern folgende Testergebnisse:

	Verhalten	Vorrang	Wartezeit
DOM SEMI	fährt durch	dominant	a) entfällt b) Zg2 muß wieder warten, bis Zg1 abgefahren und B3 wieder leer ist.
ROU	fährt durch	unbe- stimmt	a) entfällt b) Zg2 muß vielleicht wieder warten, wenn VR durch das Verhalten der Schaltung dies erzwingt.
FIFO	fährt durch	FIFO	a) entfällt b) entfällt
ESTA	hält	FIFO	a) unbestimmt, bis Zg2 einfährt b) Zg2 wird auf A3 = 1 warten müssen.
STOP	unbe- stimmt	unbe- stimmt	unbestimmt

Wir erkennen in dieser Übersicht, daß sich die ersten vier Schaltungen ähnlich verhalten; jeder ankommende Zug fährt bei freiem Folgeblock durch.

Bei ESTA ist dies nicht der Fall, denn jeder Zug wird anhalten und auf den Einlauf eines Zuges in den anderen Block warten. Bei STOP ist der Zustand überhaupt nicht vorauszusehen, da bei dieser Schaltung

kein Zusammenhang zwischen Signalisierung und Zustand der Bahn besteht.

Wir kommen damit zur Einsicht, daß ESTA und STOP im Wesen nicht einen Vorrang, sondern ein GA regelt. Bei einer Erweiterung der ESTA wird dieser Unterschied besonders deutlich.

Die STOP-Regelung ist in jeder Beziehung eine Ausnahme; eine Art UFO aus einer anderen Welt, das zufällig auf unserem Bahnkörper gelandet ist. Diese Regelung resultiert nicht aus dem Verkehrsaufkommen, wie wir es ja alle von der roten Ampel her kennen. Allerdings regelt dieses Verfahren einen Vorrang, aber solange das Licht Rot zeigt und die Bahn frei ist, warten wir eigentlich auf GA. Wir wollen nun die Erweiterungen der Schaltungen näher betrachten:

3.8 Erweiterung der ESTA-Schaltung

Bei der Erweiterung von ESTA kann man fragen: „Auf welches Ereignis wartet der anwesende Zug? " Es hat keinen Zweck, an dieser Stelle tiefer auf diese Frage einzugehen, denn der Kern der Angelegenheit ist bereits genannt: Diese Schaltungen regeln im allgemeinen ein GA und nicht ein VR.

Man kann sich verschiedene Schaltungen überlegen, die ein ESTA-ähnliches Verhalten zeigen. Die meisten zeigen an, daß bei Einfahren auf alle

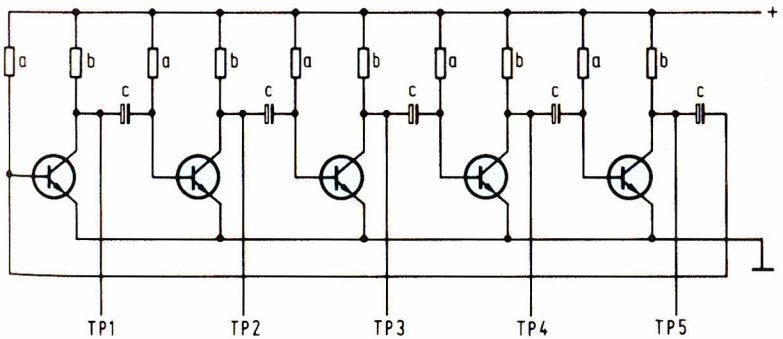


Abb. 3.9.1 Für die STOP-Schaltung bei mehreren Gleisen wird ein mehrfacher astabiler Multivibrator mit geringer Frequenz verwendet. Die Bauelementewerte von b und c bestimmen das Tempo der Änderungen. Sie können für jeden Zeitimpuls unterschiedlich gewählt werden.

Gleise sich schließlich nicht ein, sondern alle Züge in Bewegung setzen, weil das VR für diesen Fall nicht geregelt ist. Mit einer solchen Schaltung muß noch eine echte VR-Schaltung verbunden werden, womit das Ganze so kompliziert wird, daß sich Kosten und Mühe nicht lohnen.

Eine Ausnahme bildet eine Schaltung, die unter Punkt 5.4 besprochen wird.

3.9 Erweiterung der STOP-Schaltung

Die STOP-Regelung läßt sich einfach für mehr als ein Gleis erweitern. Statt eines einfachen astabilen Multivibrators verwenden wir eine mehrfache Ausführung davon. Ein Beispiel hiervon finden Sie in *Abb. 3.9.1.*

4 Bahnhöfe

4.1 Einleitung

Die im vorigen Artikel behandelte Theorie wird nun in einigen Entwürfen von Bahnhöfen verwirklicht. In diesem Entwicklungsstadium wird in der Regel Gebrauch gemacht vom y-Block. Die Funktion hiervon wurde in Punkt 2.4 erklärt. Diese Funktion bedeutet im Prinzip, daß bei Verwendung eines y-Blockes ein Weichenkomplex als Ganzes abgeriegelt wird, sobald ein Zug in diesen Bereich hineinfährt.

Da der Einsatz eines y-Blockes zur Lösung der Verkehrsprobleme eine recht einfache Lösung ist, werden wir in einem späteren Artikel untersuchen, wie der y-Block effektiver zu gestalten ist.

4.2 U-Bahn-Station

In *Abb. 4.2.1* zeigen wir eine einfache Verzweigung, wie sie bei U-Bahn-Verbindungen häufig verwendet wird.

Die Gleise B1/3 und B5/6 bilden eine Kreuzung, die wir vorzugsweise mit ROU sichern. Dabei können wir, wie in 2.4 gezeigt, bei Änderungen des Vorrangs Komplikationen auf der Kreuzung verhindern, indem wir die Signale PA und PLW versetzen und mit dem Signal PALW, das hinter der Kreuzung angeordnet ist, kombinieren. Damit ist ein y-Block nicht mehr erforderlich.

Die Ansteuerung wird folgendermaßen geregelt: Es wird davon ausgegangen, daß am Eingang des Bahnhofs die N-Weiche Nr. 2 liegt; sie ist nach Block 2 eingestellt.

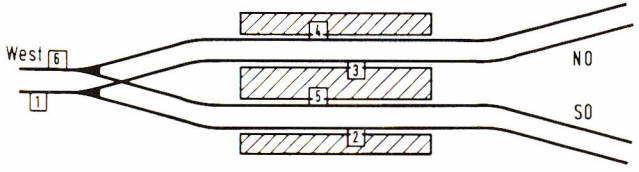


Abb. 4.2.1 Plan einer U-Bahn-Station mit Verzweigung.

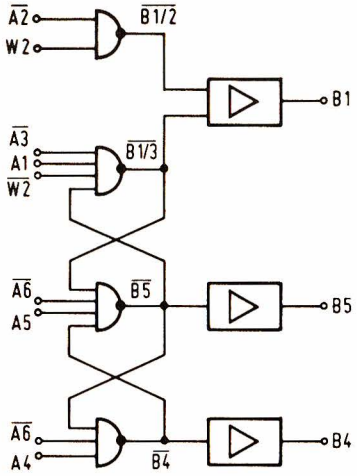


Abb. 4.2.2 Wegen der einfachen Verhältnisse bei einer Kreuzung kann ein y-Block hier entfallen. Die Schaltung enthält zwei ROU-Kopplungen.

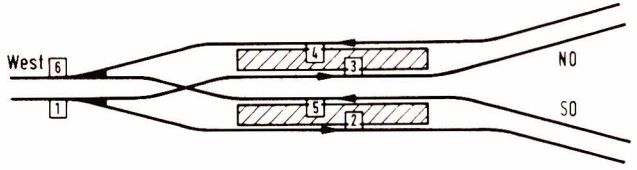


Abb. 4.2.3 Dieser Gleisplan entspricht dem in Abb. 4.2.1, hier sind die Bahnsteige so angeordnet, daß der Verkehr in die Richtungen aus den Richtungen NO und SO über einen Bahnsteig abgewickelt werden kann. Für die Schaltung ist dies kein Unterschied.

	Q	VR
B1/2 =	$\overline{A2} \cdot W2$	
B1/3 =	$\overline{A3} \cdot \overline{W2}$	$A1 \cdot \overline{B5}$
B5 =	$\overline{A6} \cdot$	$\overline{B1/3} \cdot A5 \cdot \overline{B4}$
B4 =	$\overline{A6} \cdot$	$\overline{B5} \cdot A4$

Die Schaltung hierfür zeigt *Abb. 4.2.2.* Die ROU-Kopplungen sind eingerahmt. Die Art, wie die Weiche bedient wird, bleibt offen.

Gleise und Bahnsteige können auch nach *Abb. 4.2.3* aufgebaut werden. Für die Logik ist dies kein Unterschied. Die Reisenden können nun von einem Bahnsteig Züge in Richtung bzw. aus Richtung NO resp. SO benutzen.

Eine dritte Lösung zeigt die *Abb. 4.2.4.* Die Kreuzung am Eingang der Westseite wurde nun verlegt auf die andere Seite des Bahnhofs. Allerdings ist hierbei die Logik zu ändern. Die Ansteuerung geschieht folgendermaßen:

	GA	Q	VR	
B1/2 =		$\overline{A2} \cdot W2$		
B1/3 =		$\overline{A3} \cdot \overline{W2}$		
B2 =	$GA2 \cdot$	$\overline{A4}$		
B3 =	$GA3 \cdot$	$\overline{A5} \cdot$	$A3 \cdot \overline{B7}$	
B7 =		$\overline{A9} \cdot$	$\overline{B3} \cdot A7$	
B8 =	$GA8 \cdot$	$\overline{A10} \cdot$		$A8 \cdot \overline{B9}$
B9 =	$GA9 \cdot$	$\overline{A10} \cdot$		$\overline{B8} \cdot A9$

In beiden Fällen verwenden wir zweimal ROU, einmal für die Kreuzung und einmal für die Weiche an der Westseite. Den Aufbau der Schaltung überlassen wir hier dem Leser, denn sie ist fast identisch mit der ersten Schaltung dieses Punktes.

Da auf diesem Bahnhof alle Züge anhalten sollen, werden entlang der Bahnsteige Zeitschalter angebracht, die den Vektor „Genehmigung Abfahrt" regeln. Die praktische Ausführung wird in Artikel 5 behandelt. Bei Verwendung von Zeitschaltern sind ROU-Kopplungen immer vorzuziehen. Diese Schaltung gesteht beiden Blöcken gleiche Chancen zu, und sie reagieren sobald einem der Blöcke GA verliehen wird.

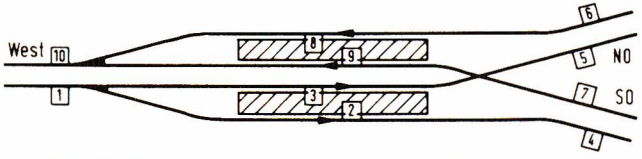


Abb. 4.2.4 Die Kreuzung wurde hier auf die Ostseite des Bahnhofs verlegt. Dadurch werden die östlichen Zufahrtsgleise auch in die Logik des Bahnhofs miteinbezogen. Wiederum wurden zwei ROU-Kopplungen verwendet, die im Text eingerahmt sind.

4.3 Mittelstadt (1)

Wir werden zwei Lösungen für einen Bahnhof aufzeigen, den wir Mittelstadt nennen. Das typische für Mittelstadt ist, daß sich hier Gleise aus vier Richtungen vereinigen: Zwei aus dem Westen und zwei aus dem Osten. Selbstverständlich muß jeder Zug ungeachtet seiner Herkunft in jede der beiden Ausfahrtrichtungen fahren können. *Abb. 4.3.1* zeigt die Gleisanlage für die erste Lösung. An der Ost- und Westseite des Bahnhofs gibt es jeweils eine doppelte Verbindung zwischen den Gleisen für die Einfahrt. Damit kann der ankommende Verkehr aus beiden Richtungen auch in beide Richtungen fahren.

Bei einer näheren Betrachtung der Anlage erkennen wir, daß ein Zg9 vom Verkehr im Bahnhof nicht berührt wird. Dieser Block braucht daher auch nicht mit dem y-Block in Verbindung gebracht werden. Die Gleise 1 und 2 sind auf übliche Weise mit der doppelten Verbindung verknüpft; eine Auswahl erfolgt über Vorrangsregelungen. Wir wählen eine SEMI-Kopplung zugunsten von B1. B10 schließlich wird bezogen auf B1 und B2 in entgegengesetzter Richtung befahren. Wir lassen B10 auf B1 und B2 warten. Dies geschieht durch Verbindung von B10 mit einer SEMI-Kopplung mit B1 und B2. Das Blockierdiagramm erhält ein Aussehen nach *Abb. 4.3.2.* Bei Verwendung eines ROU erhält das Diagramm die Form der rechten Abbildung.

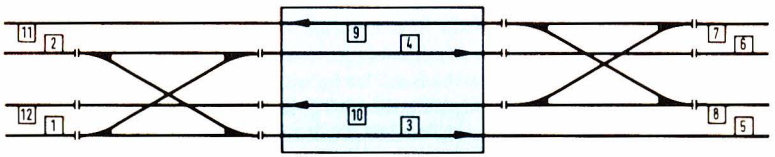


Abb. 4.3.1 Der Plan von Mittelstadt enthält eine durchgehende zweigleisige Verbindung an der Süd- und Nordseite des Bahnsteigs. Wegen der beiden doppelten Verbindungen für den einfahrenden Verkehr kann dieser in jede Richtung fahren.

Abb. 4.3.2 Die zu verwendenden Kopplungen werden in einem Blockierdiagramm dargestellt. Die Regel ist: *links blockiert oben.* Beispielsweise blockiert B1, B2 und B10 durch SEMI im linken Diagramm.

B	1	2	10
1		S	S
2			S
10			

B	1	2	10
1		R	S
2	R		S
10			

An Hand des Blockierdiagrammes schreiben wir nun die Formeln zur Ansteuerung auf:

	Q	VR
B1/3 =	$(\overline{A3} \cdot W3) \cdot \overline{Ay}$	A1
B1/4 =	$(\overline{A4} \cdot \overline{W3}) \cdot \overline{Ay}$	A1
B2/3 =	$(\overline{A3} \cdot W4) \cdot \overline{Ay}$	$\overline{B1} \cdot A2$
B2/4 =	$(\overline{A4} \cdot \overline{W4}) \cdot \overline{Ay}$	$\overline{B1} \cdot A2$
B9 =	$\overline{A11}$	
B10 =	$\overline{A12} \cdot \overline{Ay}$	$\overline{B1} \cdot \overline{B2}$

Die Schaltung hierfür zeigt *Abb. 4.3.3.* Formeln und Schaltung beziehen sich auf das linke Blockierdiagramm.

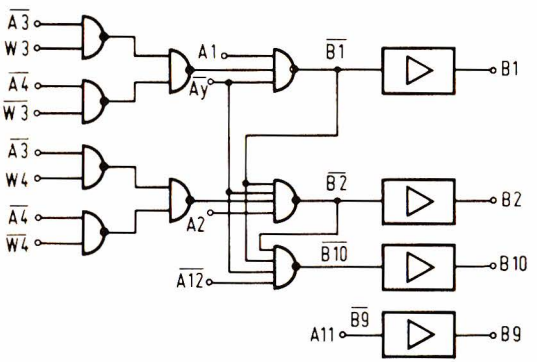


Abb. 4.3.3 Diese logische Schaltung basiert auf dem linken Diagramm der Abb. 4.3.2. Sie betrifft *eine* Seite des Bahnhofs. Die andere Seite wird ebenfalls mit einer solchen Schaltung ausgestattet.

B	1	2	10
1		R	
2	R		
10	S	S	

Abb. 4.3.4 Ein Blockierdiagramm mit dem höchsten Vorrang für B10 zur Förderung des fließenden Verkehrs.

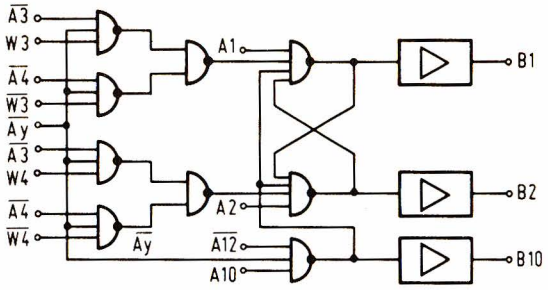


Abb. 4.3.5 Diese Schaltung entsteht aus dem Diagramm der Abb. 4.3.4.

Um ein besseres Fließen des Verkehrs durch den Bahnhof zu gewährleisten, sollte dem ausfahrenden Verkehr Vorrang gewährt werden. Dies erfolgt in den Blöcken 9 und 10. B9 fällt bei dieser Betrachtung heraus. Wir stellen daher noch ein drittes Blockierdiagramm auf, bei dem B10 gegenüber B1 und B2 SEMI-Vorrang erhält. Unter Verwendung eines ROU zwischen B1 und B2 erhält das Blockierdiagramm die Form der *Abb. 4.3.4.*

Dies führt zu einer Schaltung nach *Abb. 4.3.5.*

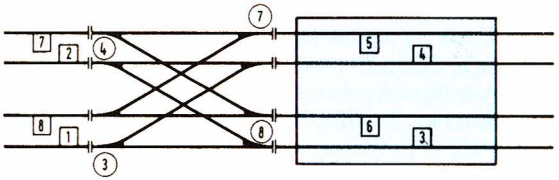
Diese Verhältnisse wiederholen sich auf der anderen Seite des Bahnhofs Mittelstadt (1).

4.4 Mittelstadt (2)

Das Verkehrsproblem von Mittelstadt kann auch durch einen zweiten Komplex zu beiden Seiten des Bahnhofs gelöst werden. Wie zu erwarten ist, entsteht dieser Komplex durch Überlagerung der beiden Anlagen von Mittelstadt (1).

Wir verleihen den Bahnhofsgleisen Vorrang gegenüber den hineinführenden Gleisen. Auch wenden wir ein ROU zwischen beiden Weichensystemen an. Das Blockierdiagramm hat die Form der *Abb. 4.4.1b.* Alle Blöcke werden positiv aktiviert, und damit kann auf einen y-Block nicht verzichtet werden. Er blockiert den gesamten ein- und ausfahrenden Verkehr, solange sich ein Zug auf dem Komplex befindet.

Dieses Diagramm führt zur folgenden Ansteuerung:



a

Abb. 4.4.1a Die Weichen von Mittelstadt (1) sind hier übereinander projiziert, so daß ein komplizierterer Weichenkomplex entsteht, der aber nur auf einer Bahnhofsseite erforderlich ist.

Abb. 4.4.1b Dieses Blockierdiagramm verleiht den Bahnhofsgleisen 5 und 6 SEMI-Vorrang vor dem einfahrenden Verkehr.

B	1	2	5	6
1		R		
2	R			
5		S		R
6	S*	S	R	

b

* nur B1/4

	Q				VR					
	B3	B4	B7	B8	By	B1	B2	B5	B6	
B1/3 =	$\overline{A3}\cdot$				$\overline{Ay}\cdot$	A1·	$\overline{B2}$			
B1/4 =		$\overline{A4}\cdot$			$\overline{Ay}\cdot$	A1·	$\overline{B2}\cdot$			$\overline{B6}$
B2/3 =	$\overline{A3}\cdot$				$\overline{Ay}\cdot$	$\overline{B1}\cdot$	A2·	$\overline{B5}\cdot$		$\overline{B6}$
B2/4 =		$\overline{A4}\cdot$			$\overline{Ay}\cdot$	$\overline{B1}\cdot$	A2·	$\overline{B5}\cdot$		$\overline{B6}$
B5/7 =			$\overline{A7}\cdot$		$\overline{Ay}\cdot$			A5·		$\overline{B6}$
B5/8 =				$\overline{A8}\cdot$	$\overline{Ay}\cdot$			A5·		$\overline{B6}$
B6/7 =			$\overline{A7}\cdot$		$\overline{Ay}\cdot$			$\overline{B5}\cdot$		A6
B6/8 =				$\overline{A8}\cdot$	$\overline{Ay}\cdot$			$\overline{B5}\cdot$		A6

Die eingerahmten Angaben entsprechen der ROU-Schaltung.

Die Weichenstellungen sind in dieser Formel nicht angegeben. Angenommen wird, daß der gesamte Verkehr gerichtet verläuft und daß das Ziel jedes Zuges im Vorblock festgestellt wird bei gleichzeitiger Umschaltung der Weiche. Die Weichenvektoren werden natürlich registriert und den entsprechenden Eingängen angeboten.

Das daraus resultierende Schema in *Abb. 4.4.2* wird schon ziemlich kompliziert. Damit die Anzahl der NAND-Gatter möglichst klein ist, verwenden wir NANDs mit mehreren Eingängen. Am zweckmäßigsten ist der Typ 7420, bestehend aus zwei NANDs mit je vier Eingängen. Es gibt noch andere Lösungen für diese Gleisanlage. Wir kommen darauf später in Artikel 7 zurück.

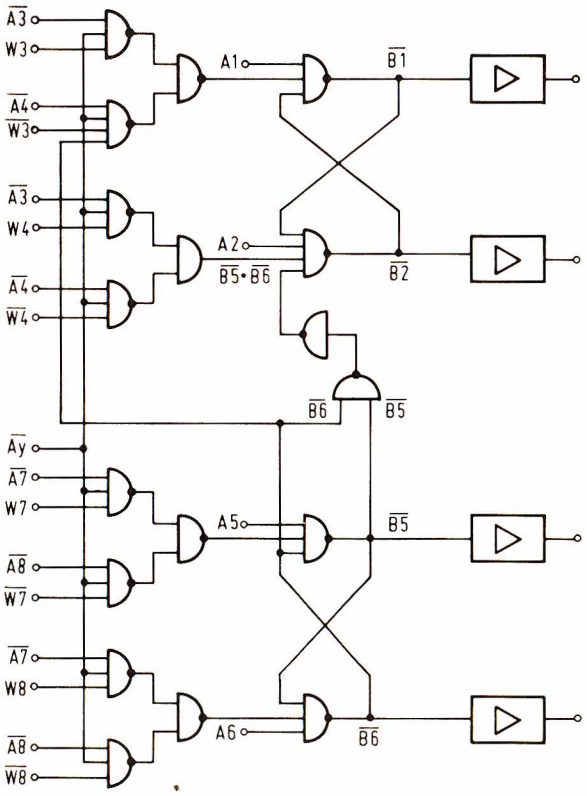


Abb. 4.4.2 Die Schaltung dieses Weichenkomplexes ist natürlich komplizierter, als die des vorhergehenden; allerdings ist hierfür auch nur eine Schaltung erforderlich.

4.5 Großstadt

Das lay-out dieses Bahnhofs zeigt *Abb. 4.5.1.* Ein hineinführendes Gleis wird in drei Gleise aufgezweigt. Da Entsprechendes auch auf der anderen Bahnhofsseite geschieht, entstehen drei Gleispaare, die wir für drei Zugtypen reservieren: Expreßzug (XZg), Schnellzug (SZg) und U-Bahn (MZg).

Wir behandeln den Verkehr folgendermaßen:

WEST	OST
1 (S) 2	6 (M) 7
1 (X) 3	6 (X) 8
1 (M) 4	6 (S) 9
1 (G) 2, 3 und 4	6 (G) 7, 8 und 9

Die X-, S- und M-Züge sammeln wir in ihren eigenen Gleisen mit dem Ziel, sie dort nach einem bestimmten Programm zu stoppen. Die G-Züge dürfen ihren Weg über beliebige Gleise des Bahnhofs suchen; sie dürfen also jeden Block benutzen, aber nirgends anhalten.

Die Frage des Anhaltens oder Durchfahrens wird im folgenden Artikel behandelt. Es hat aber mit der Aktivierung der Vorblöcke nichts zu tun.

Da Ost- und Westseite miteinander identisch sind, reicht uns die Untersuchung einer Seite; wir wählen die Westseite. Block 1 steht hier für den y-Block im Zusammenhang mit den Gleisen 8 und 9. Block 7 hat zwar nichts mit B1 zu tun; er muß aber trotzdem mit dem y-Block in Verbindung gebracht werden.

Zwei Weichen müssen bedient werden. Beide Weichen 31 und 3 sind N-Weichen und zeigen in Richtung von Block 3. Dieser Block ist für die XZge bestimmt. Die XZge finden Weichen immer in der richtigen Stellung vor.

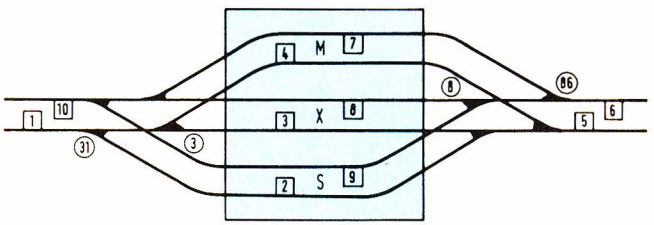


Abb. 4.5.1 Der Gleisplan von Großstadt zeigt drei Gleispaare, durch die immer gleichartiger Verkehr zusammengefügt wird.

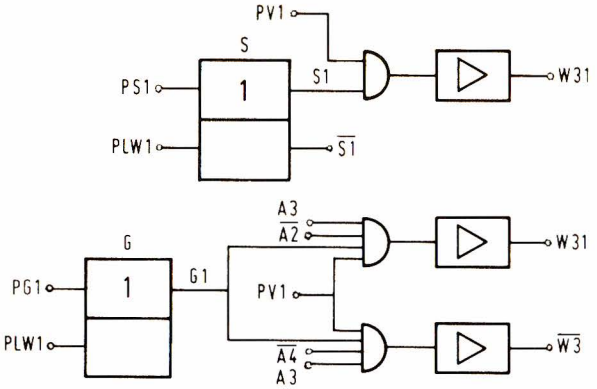


Abb. 4.5.2 Der Verkehr wird durch Identifizierung unterschieden und auf Typen-Flip-Flops registriert. Diese Registrierung bildet die Basis für die Ansteuerung der Verstärker für Blöcke und Weichen.

Für die anderen Züge müssen diese Weichen nach einem Programm umgesetzt werden, obwohl die GZge auch mit der durchgehenden Stellung von Weiche 31 und 3 Vorlieb nehmen. Der S-, M- und G-Verkehr muß daher entsprechend *Abb. 4.5.2* geschaltet werden.

Die Umschaltung der Weichen erfolgt direkt oder stufenweise, und die Aktivierung der Blöcke erfolgt nach folgendem Schema:

	Q		VR
B1 =	$\overline{A2} \cdot (S1 + G1)$		
	$+ \overline{A3} \cdot \overline{S1} \cdot \overline{M1} \cdot$	$\overline{Ay} \cdot$	$\overline{B9}$
	$+ \overline{A4} \cdot (M1 + G1) \cdot$	$\overline{Ay} \cdot$	$\overline{B9} \cdot \overline{B8}$
B2 =	$\overline{A5} \cdot$	$\overline{Az} \cdot$	$\overline{B3} \cdot \overline{B4}$
B3 =	$\overline{A5} \cdot$	$\overline{Az} \cdot$	A3
B4 =	$\overline{A5} \cdot$	$\overline{Az} \cdot$	$\overline{B3} \cdot A4$
B6 =	$\overline{A7} \cdot (S6 + G6)$		
	$+ \overline{A8} \cdot \overline{S6} \cdot \overline{M6} \cdot$	$\overline{Az} \cdot$	$\overline{B4}$
	$+ \overline{A9} \cdot (M6 + G6) \cdot$	$\overline{Az} \cdot$	$\overline{B4} \cdot \overline{B3}$
B7 =	$\overline{A10} \cdot$	$\overline{Ay} \cdot$	$\overline{B8} \cdot \overline{B9}$
B8 =	$\overline{A10} \cdot$	$\overline{Ay} \cdot$	A8
B9 =	$\overline{A10} \cdot$	$\overline{Ay} \cdot$	$\overline{B8} \cdot A9$

Das entsprechende Blockierdiagramm ist in *Abb. 4.5.3* dargestellt.

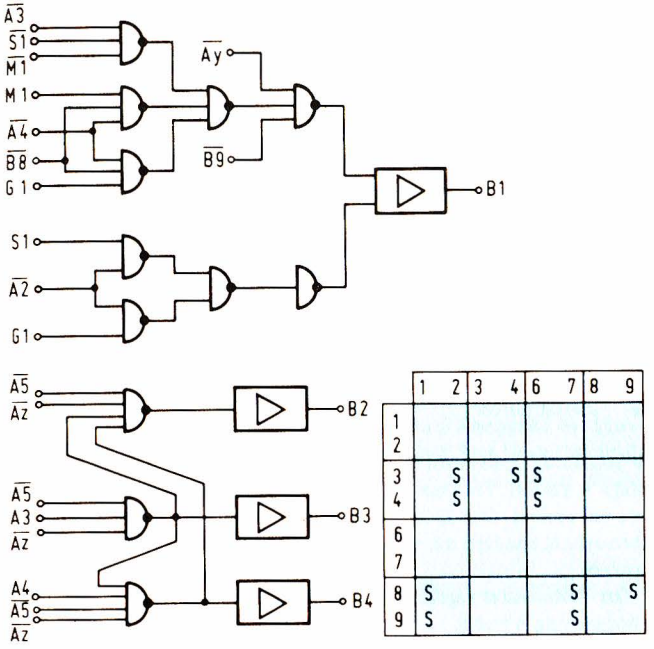


Abb. 4.5.3 Blockierdiagramm und zugehörige Schaltung für Großstadt, basierend auf obiger Formel.

5 Programme für die Bahnhöfe

5.1 Einleitung

In den Bahnhöfen muß die Voraussetzung gegeben sein, die Züge für eine bestimmte Zeit anzuhalten. In diesem Artikel werden verschiedene Möglichkeiten für diesen Zweck betrachtet.

5.2 Zeitschalter

Die Schaltung eines zuverlässigen und einfachen Zeitschalters wird in Anlage A gezeigt. Für diesen Zeitschalter wurde die gedruckte Schaltung 7441 entwickelt. Den Zeitschalter selbst wollen wir hier nicht näher untersuchen, sondern nur auf die Kombination mit der übrigen Logik eingehen.

Der Zeitschalter regelt in der Verkehrsformel den Faktor GA, Genehmigung Abfahrt.

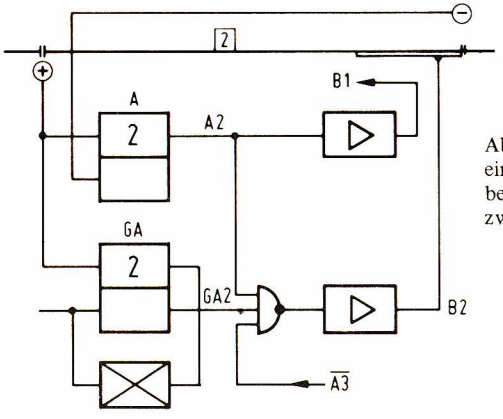


Abb. 5.2.1 Schaltung einer STOP-Regelung bei einem nichtverzweigten Gleis.

Seine einfachste Anwendung liegt in einer Serie von Blöcken ohne Weichen. Er erzeugt ein Stop-Signal. Die Schaltung hierfür zeigt *Abb. 5.2.1.*

In B2 wird ein A2-FF und ein GA2-Schalter verwendet.
B1 wird negativ aktiviert durch Vektor A2. Dieser wird kombiniert mit GA2 und $\overline{A3}$ zur Ansteuerung von B2.

Die Formeln lauten dann:

$$B1 = \overline{A2}$$

$$B2 = GA2 \cdot \overline{A3} \cdot A2$$

Der Zeitschalter läßt sich weiterhin kombinieren mit den übrigen Vektoren. Erforderlich ist ein zusätzlicher Eingang, dem dieser Vektor angeboten werden kann. Die *Abb. 5.2.1* und *5.2.2* liefern hiervon gute Beispiele.

Da ESTA selbst eine Zeitschaltung ist (Artikel 3.7 und 3.8), können wir uns fragen, ob es sinnvoll ist, diese Schaltung mit einer anderen Zeitschaltung zu kombinieren. Dies ist tatsächlich der Fall.

Bei einer einfachen ESTA-Schaltung (zwischen zwei Blöcken) entsteht immer ein etwas hektischer Verkehr, da zum Zeitpunkt des Einlaufens des einen Zuges der andere sofort losfährt. Beruhigend wirkt die Szene mit einer kleinen Pause, z.B. um die Reisenden umsteigen zu lassen.

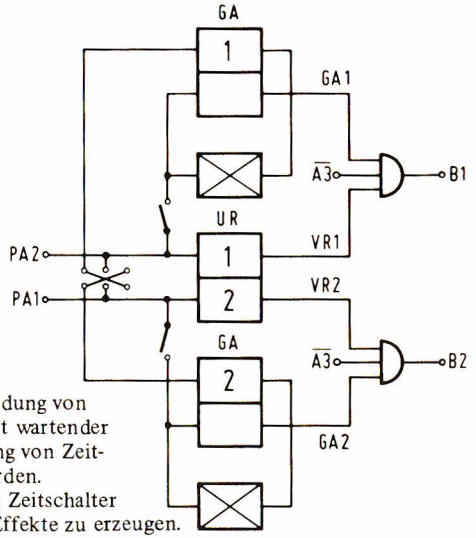


Abb. 5.2.2 Bei Anwendung von ESTA kann die Abfahrt wartender Züge durch Verwendung von Zeitschaltern verzögert werden. Durch einen doppelten Zeitschalter sind unterschiedliche Effekte zu erzeugen.

Beigefügte Schaltung liefert bessere Resultate.

In dem einen Zustand beginnt die Verzögerung eines Zuges zu dem Zeitpunkt, da der Zug den Block erreicht; im anderen Zustand beginnt die Verzögerung erst dann, wenn im anderen Block ein Zug ankommt.

Da die GA-Schalter zwischen 3 und 30 Sekunden einstellbar sind, verbessert diese Schaltung die praktische Verkehrsregelung. Eine Kombination mit der STOP-Vorrangsregelung liefert die Sicherheit, daß ein Zug anhält, was das STOP-Signal allein nicht bewerkstelligen kann.

5.3 Aufheben der Verzögerung

Es gibt zwei Gründe, eine eingestellte Verzögerung wieder aufzuheben:

a) bestimmte Zugtypen sollen Blöcke, die mit Zeitschaltern ausgestattet sind, passieren;

b) bestimmte Wartezeiten müssen bei Verkehrsstaus in Spitzenzeiten reduziert werden.

Der GA-Schalter ist im Prinzip ein normales Flip-Flop. Während der Wartezeit führt es das Signal „1". Durch einen Impuls am anderen Eingang schaltet das FF um und hebt die Wartezeit auf. Eine Kombination dieser Schalter mit Methoden, die Wartezeit aufzuheben, kann zu Komplikationen führen, wie folgendes Beispiel zeigt.

Eine FIFO-Schaltung ist mit zwei Verzögerungen ausgestattet (*Abb. 5.3.1*). Unterstellen wir, daß der Folgeblock immer leer ist, so stellen wir fest, daß jeder Zug hält und nach seiner Wartezeit wieder abfährt, als ob es keinen anderen Zug gibt. In Spitzenzeiten wollen wir den Verkehr etwas beschleunigen. Dies geschieht durch Zuführen des PA an den STOP-Eingang der Verzögerung des anderen Blockes. Daraus entsteht ein ESTA-Effekt, wobei für die Blöcke die begrenzten eingestellten Wartezeiten gelten.

Wenn wir nun durch diese Blöcke Züge fahren lassen wollen, die nicht anhalten sollen, so müssen wir folgende Maßnahme treffen:

a) Der durchgehende Zug muß zunächst Vorrang für sich bestimmen;

b) der durchfahrende Zug muß die von ihm eingestellte Verzögerung aufheben.

Um dies zu erreichen, ist folgendes zu tun:

a) Die genannte Verbindung zur Beschleunigung des Verkehrs zwischen PA und den STOP-Eingängen ist zu entfernen;

b) es ist ein identifizierender Schalter in den beiden FIFO-Blöcken, der einen durchgehenden Zug erkennt, anzubringen;

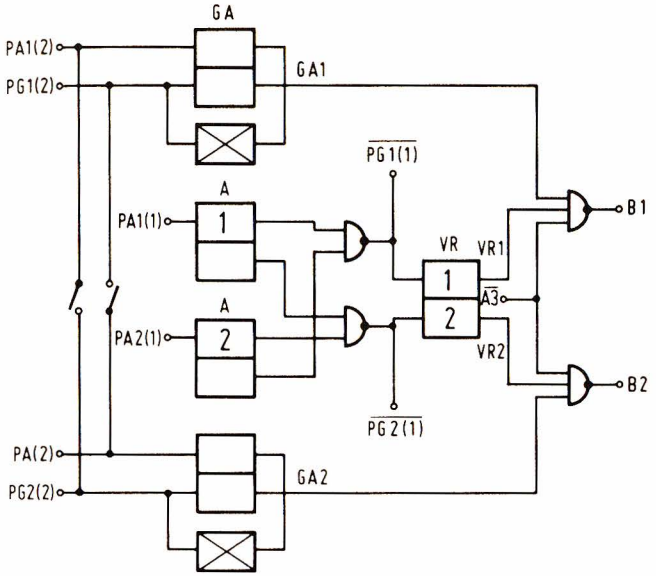


Abb. 5.3.1 FIFO läßt sich mit Zeitschaltern auf Bahnhöfen gut kombinieren. Damit anderer Verkehr, wie Güterzüge, passieren kann, müssen Typenimpulse dieser Züge den Vorteil zu ihren Gunsten verändern und die eingestellte Verzögerung aufheben.

c) dieser identifizierende Schalter soll einen *negativen* Impuls an das Vorrang-Flip-Flop liefern, und zwar an den Eingang des Blockes, in dem sich der durchgehende Zug befindet. Dadurch wird der Vorrang übertragen vom zuerst ankommenden Zug auf den durchgehenden Zug;

d) es ist ein zweiter identifizierender Schalter in beiden FIFO-Blöcken anzubringen, so daß der durchgehende Zug erkannt wird;

e) damit die eingestellte Verzögerung aufgehoben wird, muß der identifizierende Schalter einen *positiven* Impuls liefern.

Auf diese Weise erhält ein einlaufender GZg sowohl VR, als auch GA; er fährt also sofort durch. Mit PLW gibt er den Vorrang an den bereits wartenden Zug zurück. Dieser läßt die Wartezeit verstreichen, und fährt ab, wenn Q die Voraussetzung erfüllt. Es ist die Frage zu stellen, warum die Beschleunigungsverbindung entfernt werden muß. Bei dieser Verbindung

gibt es immer einen handbedienten Schalter, weil diese Beschleunigung einen Eingriff in den üblichen Ablauf bildet; ein Eingriff, der nur in Ausnahmefällen möglich ist.

Selbstverständlich muß diese Beschleunigung nicht wirksam sein, wenn ein durchgehender Zug durch den Bahnhof fährt, denn dann würde gerade das Entgegengesetzte geschehen: Der wartende Zug würde vorzeitig abfahren, anstatt zurückzubleiben.
Wir können nun jedesmal, wenn sich ein D-Zug nähert, mit diesem Schalter die Verbindung kurzzeitig unterbrechen; das paßt aber schlecht in einen vollautomatischen Betrieb. Wir gehen daher anders vor:

Wir entfernen die Leitung in dieser Form und führen zweimal PA ein. Der erste PA erhält einen SS, der von allen Zügen betätigt wird. Dieser PA speist das A-FF. Damit entfällt der Einfluß auf das Vorrangs-FF der FIFO-Schaltung.

Den zweiten PA bilden wir mit einem Transistor-Schalter. Den einmaligen Impuls dieses Schalters leiten wir über einen Handschalter an den STOP-Eingang der Verzögerung des anderen Blocks. Dies ist also der Ersatz der bereits genannten Leitung.
Sie werden nach dem Unterschied fragen:
Der Unterschied ist, daß erst der Vorrang dem wartenden Zug entnommen wurde. Daher können wir sicher die Wartezeit des Zuges aufheben, denn er wird nun nicht abfahren. Mit dem genannten Handschalter haben wir die Freiheit, die Beschleunigung der Spitzenzeiten anzuwenden oder nicht.

Es gibt also vier aufeinanderfolgende Impulse in jedem der beiden Blöcke dieses Schemas:

PA(1)	SS	Dieser Impuls wird von jedem Zug erzeugt. Der erste Zug legt damit seinen FIFO-Vorrang fest. Ein zweiter Zug verhindert den Zugriff auf das VR-FF, so daß dieses nun mit PG (1) gesetzt werden kann.
$\overline{PG(1)}$	MS	Der GZg setzt hiermit das VR-FF um und erhält damit Vorrang. Da dieses FF aus NANDs aufgebaut ist, ist das invertierte Signal zu verwenden.
PA(2)	TS	Ein einmaliger positiver Impuls, mit dem alle Züge die Verzögerungsschaltung starten. Durch eine Verbindung mit dem STOP-Eingang des anderen Blockes besteht die Möglichkeit, den Verkehr zu beschleunigen.
PG(2)	MS	Mit diesem Typenpuls schaltet der GZg seine Verzögerung wieder aus.

5.4 Warteschaltungen

Unter Warteschaltungen verstehen wir elektronische Schaltkreise, mit denen Züge zum Stillstand gezwungen werden können, bis andere Züge einen bestimmten Vorgang beendet haben.

Eine solche Schaltung in einfacher Form ist das bekannte FF. Wir lassen es durch den zum Warten gezwungenen Zug bei der Einfahrt in seinen Block auf „0" setzen. Damit wird der Zug im Haltabschnitt zum Halten gebracht.

Nun lassen wir den anderen Zug, z.B. einen für den selben Block bestimmten, während seiner Fahrt zu einem beliebigen Zeitpunkt einen Impuls abgeben, wodurch das FF wieder den Zustand „1" bekommt. Der erste Zug fährt dann ab.

Damit können wir einen Zug warten lassen, bis ein Vorblock besetzt ist. Die Formel lautet dann:

$$B2 = A1 \cdot \overline{A3} \cdot A2 \qquad (GA \cdot Q \cdot VR)$$

Die Besetzung von Block 1 resultiert aus GA. Der leere Block 3 ist die erforderliche günstige Bahnbedingung Q, und A2 ist die positive Aktivierung, die erforderlich ist, wenn dieser Block andere Blöcke blockieren soll.

Es ist zu empfehlen, den Impuls des fahrenden Zuges in nicht zu großer Entfernung vom genannten FF zu erzeugen, damit der Einfluß von Störungen gering bleibt.

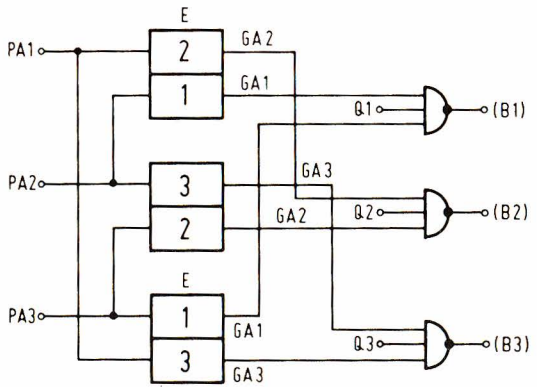


Abb. 5.4.1 Bei dieser dreifachen ESTA-Schaltung wartet jeder Zug darauf, daß zwei andere einfahren, so daß ein GA entsteht. Dieses Prinzip kann auf mehrere Gleise erweitert werden.

ESTA ist ein anderes Beispiel einer Warteschaltung. Man kann das ESTA-Prinzip über mehrere Blöcke nach *Abb. 5.4.1* erweitern. Die Schaltung ähnelt der FIFO-Schaltung. Es gibt aber einen deutlichen Unterschied: Bei FIFO fährt der erstankommende Zug durch, während er bei ESTA anhält.

Die Ankunft eines Zuges ändert die logischen Werte verschiedener GA-Vektoren. Im Ankunftsblock entfällt das GA, d.h. der Wert wird Null, während gleichzeitig GA in den beiden anderen Blöcken Eins wird. Wenn GA vor einem Block bei zwei ESTA-FFs „1" wird, fährt der Zug ab. Die folgende Tabelle macht dies deutlich.

Ankunft in Block	1	2	3	1	2	3	1	usw.
Macht: GA1 =	0	1	1	0	1	1	0	
GA2 =	1	0	1	1	0	1	1	usw.
GA3 =	1	1	0	1	1	0	1	
Abfahrt aus Block			1	2	3	1	2	usw.

Die eingerahmten Bereiche der Tabelle zeigen an, in welchem Block GA für zwei FFs Eins wird und nach Ankunft welches Zuges dies der Fall ist.

Falls mehr als drei Blöcke in diesem Schema zu berücksichtigen sind, müssen immer drei aufeinanderfolgende Blöcke gebündelt werden. Bei beispielsweise fünf Blöcken fahren die Züge in einer willkürlicheren Reihenfolge ein, als bei den drei in unserem Beispiel geschilderten. Dadurch wird die Reihenfolge der Abfahrt nicht der Reihenfolge der

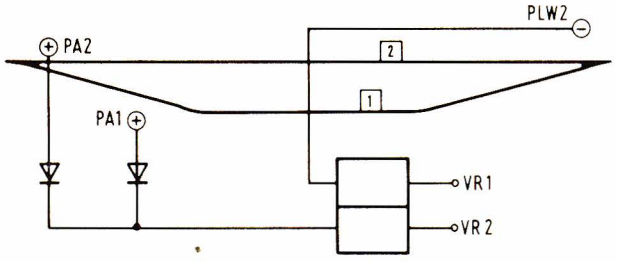


Abb. 5.4.2 Eine Variante der ESTA-Schaltung ist die SKIP-Schaltung. Ein Zug muß nicht auf die Ankunft eines anderen warten, sondern läßt diesen passieren.

Ankunft der Züge entsprechen. Die Ankunft in einem Block erzeugt GA in den beiden angrenzenden Blöcken. Schaltungen, die ESTA-Schaltungen sehr ähneln, sind die SKIP-Schaltungen. Das englische Wort skip bedeutet Überspringen. Bei diesen Schaltungen wartet man nicht auf die Ankunft eines Zuges, sondern auf sein Passieren.

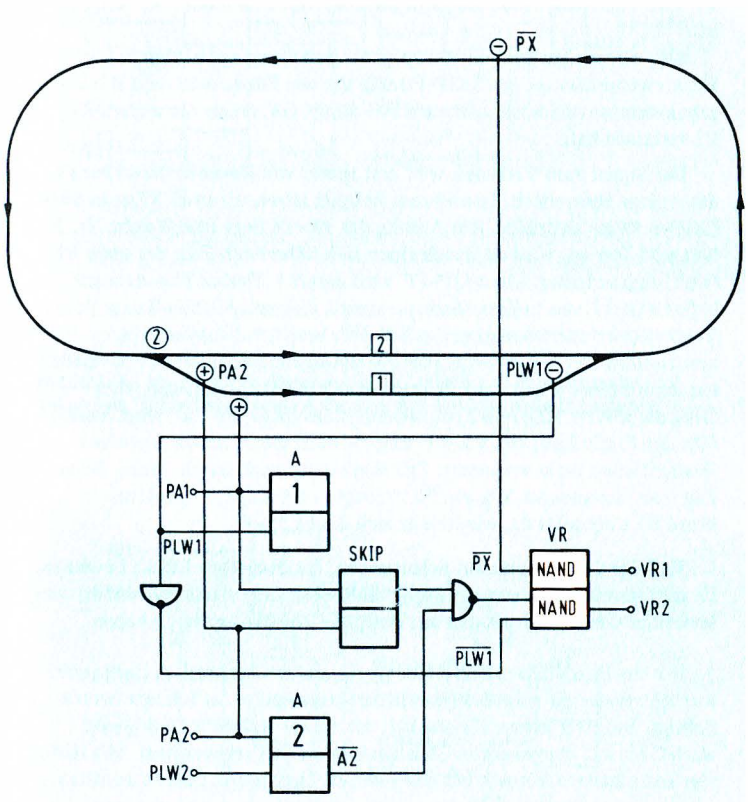


Abb. 5.4.3 Die Abfahrt des wartenden Zuges wird bei dieser Schaltung durch einen Schalter hervorgerufen, der in einer gewissen Entfernung angeordnet ist. Dadurch wird der wartende Zug nicht unmittelbar nachdem er überholt wurde abfahren.

An das gemeinsame Flip-Flop legen wir entsprechend der Abbildung PA1 und PLW2. Durch indifferente Steuerung der Weiche am Eingang des SKIP-Blockes erreichen wir, daß ein Zug einfährt und zum Stehen kommt. Es wird abgewartet, bis ein anderer Zug den angrenzenden Block passiert. Wünschen wir, daß dieser Block obendrein auch unbesetzt ist, bevor der wartende Zug abfahren darf (wodurch eine Dominanz des angrenzenden Blockes gegenüber dem SKIP-Block entsteht), so verbinden wir PA2 über eine Diode mit dem Eingang, mit dem auch PA1 verbunden ist.

Eine andere Variante hierzu zeigt die Schaltung nach Abb. 5.4.3: Wir verwenden dabei das SKIP-Prinzip in zwei Blöcken B1 und B2; wir geben dem wartenden Zug noch nicht direkt GA, wenn der andere Zug B2 verlassen hat.

Das Signal zum Verlassen wird erst später von einem anderen Punkt der Anlage übermittelt. In unserem Beispiel lassen wir zwei XZge in dem SKIP-Schema auftreten. Am Anfang der Blöcke liegt eine Weiche Nr. 2. Wenn B1 leer ist, wird sie durch einen sich nähernden Zug, der nach B1 fährt, umgeschaltet. Das SKIP-FF wird damit 1. Dessen Plus-Ausgang liefert mit $\overline{A2}$, das in dem Moment 1 wird, über ein NAND-Gatter den Vektor 0, welcher wiederum das VR-FF, bestehend aus NANDs, kontrolliert. Ein negativer Impuls $\overline{PX}$ von irgendeinem Ort auf der Bahn hat dann keinen Effekt; der Zustand von VR2 bleibt erhalten. Nun fährt der zweite XZg in B2 ein, wodurch das SKIP-FF „0" wird. Damit fällt der Einfluß auf das VR-FF weg, obwohl dieses seinen logischen Zustand noch nicht verändert. Zg2 fährt dann auch durch. Wenn dieser Zug oder ein anderer XZg ein $\overline{PX}$ erzeugt, wird XZg1 freigegeben. Wenn B1 unbesetzt ist, wiederholt sich dieses Spiel.

Es folgen nun noch zwei Schaltungen, die denselben Effekt bewirken. Es geht hier um eine symmetrische SKIP-Regelung zweier nebeneinanderlaufender Gleise, wie wir dies am Beispiel Großstadt gesehen haben.

Für ein Durchfahren von Güterzügen, was in Großstadt verlangt war, wurden wieder die erforderlichen Korrekturimpulse im Schema berücksichtigt. Bei zwei leeren Gleisen hält der zuerst einfahrende Zug und wartet, bis auf dem anderen Gleis ein Zug an ihm vorüberfährt. Mit Hilfe von Zeitschaltern können wir den zweiten Zug vorübergehend anhalten.

Eine andere Variante dieser Gruppe von Warteschaltungen ist eine Regelung zur gleichzeitigen Abfahrt von zwei Zügen. Mit dieser Schaltung können wir die Bewegung von zwei Zügen koordinieren und synchronisieren. Wir überlagern die Ansteuerung beider Blöcke nach *Abb. 5.4.5.*

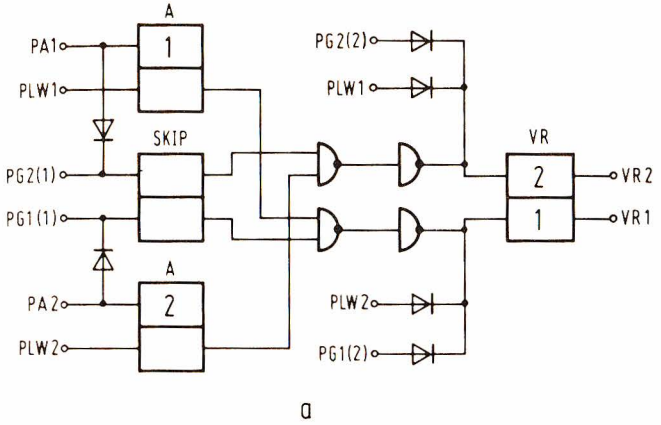
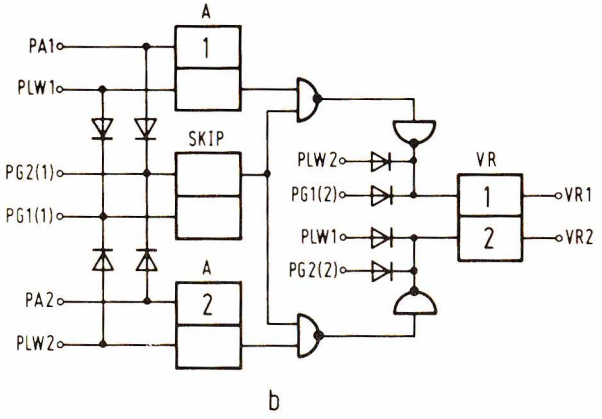


Abb. 5.4.4 Diese Schaltungen arbeiten symmetrisch. In beiden Fällen wird der erste Zug, der in eines der beiden Gleise eingefahren ist, zum Stillstand kommen und warten, bis auf dem anderen Gleis ein Zug passiert. Es ist nicht von Bedeutung, auf welchem Gleis der erste Zug ankommt. Diese Schaltung ist für den Bahnhof Großstadt geeignet.



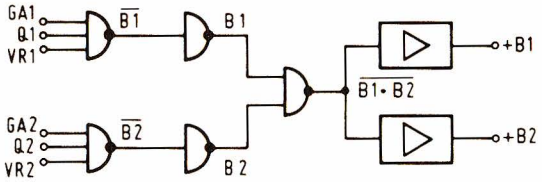


Abb. 5.4.5 Durch dieses Schaltbild kann die Bewegung von Zügen synchronisiert werden. Sobald die Bedingungen für die Abfahrt erfüllt sind, fahren sie gleichzeitig ab.

5.5 Zählschaltungen

Weil ein Flip-Flop zwei stabile Zustände kennt, können wir mit mehreren FFs eine Zählschaltung aufbauen. Verbindet man jeweils den Ausgang eines FF mit dem Eingang des folgenden, so erkennen wir, daß das folgende Flip-Flop seinen Zustand ändert, wenn das vorhergehende zweimal umgeschaltet wurde. Es gibt spezielle Zählschaltungen, bei denen mehrere FFs auf entsprechende Weise miteinander verbunden sind. Ein Beispiel hierfür ist das IC 7493. Den internen Aufbau zeigt *Abb. 5.5.1.*

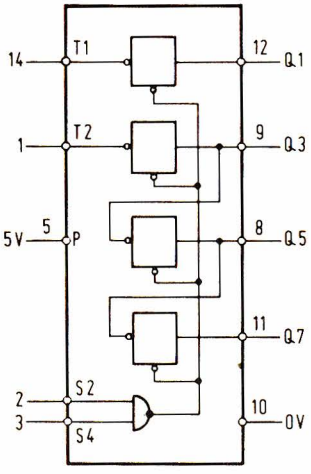
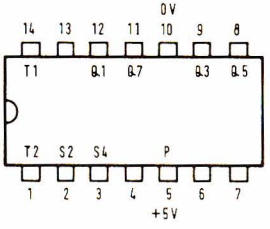


Abb. 5.5.1 Anschlußbelegung und prinzipieller Aufbau des IC 7493. Es enthält vier Zählereinheiten, von denen drei intern bereits miteinander verbunden sind. Durch eine externe Verbindung kann hiermit bis 15_{10} oder 1111_2 gezählt werden.



Damit dieses IC als Zähler arbeitet, ist lediglich eine Verbindung zwischen Anschluß 1 und Anschluß 12 herzustellen. Dadurch wird der Ausgang des obersten Zählers mit dem Eingang des zweiten Zählers verbunden. Die restlichen Verbindungen sind bereits im IC hergestellt.

Des weiteren ist im IC ein NAND integriert, mit dem wir den Zähler auf Null setzen können. Die beiden NAND-Eingänge sind mit den Anschlüssen 2 und 3 verbunden. Legt man an die Kontakte 2 und 3 eine logische 1, so wird der Zähler auf Null gesetzt (reset). Dann sind alle Ausgänge 1. Verbinden wir die Anschlüsse 9 bzw. 11 mit den Anschlüssen 2 bzw. 3, so wird der Zähler jeweils nach Null gesetzt, wenn die Dezimalzahl Zehn erreicht ist, was der Binärzahl 1 0 1 0 entspricht.

Um zu erfahren, welchen Zählerstand der Zähler einnimmt, können wir mit einem Voltmeter alle Eingänge kontrollieren und ablesen. Für praktische Anwendungen ist dieses Verfahren unbrauchbar. Es wurden

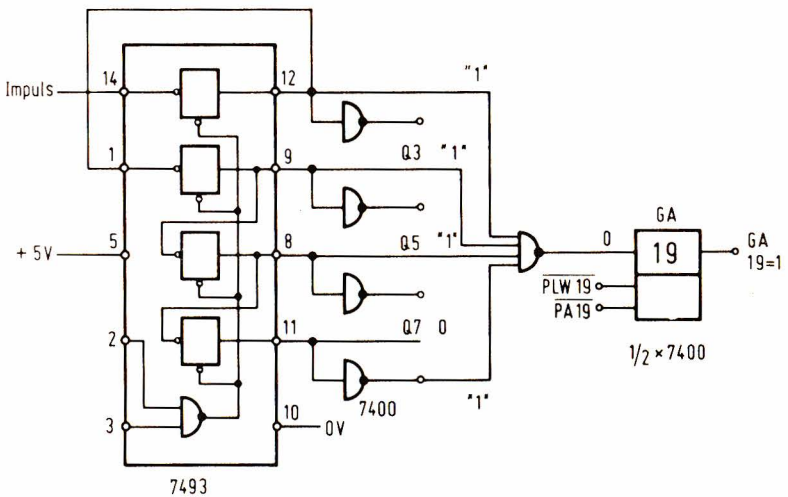


Abb. 5.5.2 Schaltung zur Registrierung eines beliebigen Zählerstandes und Bildung einer 0 am Ausgang eines NAND (4), so daß ein GA-FF, bestehend aus NANDs, eingelesen werden kann. Das NAND (4), das FF und GA gilt stets für einen Block, so daß wir so viel Kombinationen einrichten müssen, wie es Blöcke gibt, die wir mit einem GA versehen wollen.

ICs entwickelt, durch die ein Ablesen von Dezimalzahlen direkt möglich ist, z.B. das IC 7441 und 7442.

Es gibt für uns keinen Grund, nur bis Zehn zu zählen. Mit einem IC 7400 bauen wir eine Schaltung entsprechend *Abb. 5.5.2* auf. Wir verfügen damit über acht Ausgänge; vier stammen vom IC 7493 und vier vom IC 7400. Damit können wir jeden Zählerstand aus einer Kombination von Einsen, die wir über das NAND (4) führen, ableiten. Der Zählerstand des Zählers sei Dezimal Sieben, um einen Zug in Block 19 abfahren zu lassen. Die binäre Schreibweise für Sieben ist 0111. Wir verbinden dann die drei oberen Ausgänge des IC 7493 und den inversen Wert des untersten Ausgangs des IC 7400 mit NAND (4) und erhalten so eine Null an dessen Ausgang. Nur bei *einem* Zählerstand wird dieses NAND (4) eine 0 am Ausgang führen. Um andere Zählerstände zu erkennen, müssen wir mehr NANDs (4) hinzuschalten.

Wir haben nun erreicht, daß der Zählerstand ein GA für einen willkürlichen Block erzeugen kann. Damit der Zähler diesen Zählerstand einnimmt, können wir verschiedene Impulse von der Bahn an den Zähler übertragen. Jeder beliebige positive Impuls ist hierfür brauchbar. Der Zuschauer wird nicht ergründen können, warum die Züge aus den verschiedenen Blöcken abfahren, was der Wirklichkeit sehr nahe kommt.

Ein wichtiges Detail ist, daß der Zählerstand für jeden Block durch ein Flip-Flop festgelegt werden muß. Der Zähler selbst kommt nicht zur Ruhe. Aus allen Richtungen treffen Impulse ein, und lange bevor der Zug Gelegenheit hatte, auf GA zu reagieren, ist dieses Signal schon wieder entfallen. Wir verbinden daher den Ausgang jeden NANDs (4) mit einem Flip-Flop, das aus NANDs aufgebaut ist. GA bleibt erhalten, auch wenn der Zähler praktisch sofort weiterschaltet.

Nun steht sicher nicht fest, daß in jedem Block, der ein GA erhält, auch in der Tat ein Zug steht. Das FF kann also auf GA stehen, wenn später in diesen Block ein Zug einläuft. Wir können dann die Wahl treffen zwischen Durchfahren des Zuges (Q-Bedingung günstig) oder Aufhebung von GA. Ist dies beabsichtigt, muß außer PLW auch PA dieses Blockes mit dem Minus-Eingang verbunden werden.

6 Programme für die Außenbahn

6.1 Einleitung

Da nicht beabsichtigt ist, daß Züge außerhalb der Bahnhöfe stillstehen, sieht die Programmierung hier ausschließlich Weichensteuerung vor. Die Weichensteuerung wird möglicherweise auch manchmal auf Bahnhöfen erfolgen, aber auch dann geht es um eine Auswahl von Gleisen für die Außenbahn.
Wir unterscheiden zwei Systeme:

a) ein einfaches System;
b) ein universelles System.

6.2 Einfaches Weichensteuerungssystem

Es ist interessant, Verzweigungen einer Gleisanlage zu studieren und zu untersuchen, wieviel Weichen ein Zug auf seiner Reise überfährt.
In *Abb. 6.2.1* ist eine Verzweigung von einem Gleis auf acht Gleise dargestellt. Für die Verzweigung auf acht Gleise benötigen wir sieben

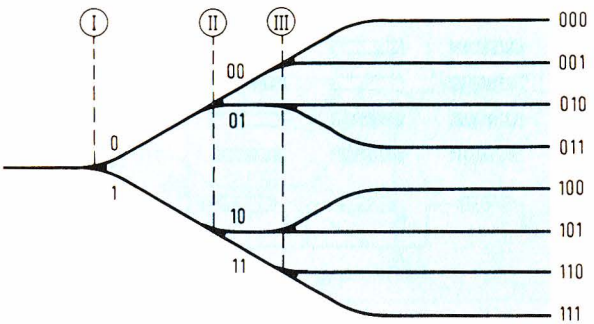


Abb. 6.2.1 Unterscheidung von Weichen nach der Bedeutung der Verzweigung.

Weichen. Jeder Zug überfährt allerdings nur drei dieser sieben Weichen. Kennzeichnen wir die Gleise im Binärcode und fügen wir für jede rechtsabbiegende Weiche eine Eins hinzu, so entsteht die gezeichnete Zuordnung des Codes zu den Gleisen. Die erste Zahl korrespondiert mit der ersten Weiche, die ein Zug nach der Abfahrt vom Startpunkt überfährt. Wir können die Weichen in Gruppen einteilen und sie so mit römischen Zahlen einordnen. Alle Weichen seien N-Weichen mit Vorzugsrichtung nach links. Für rechtsabbiegenden Verkehr muß die Weiche also umgeschaltet werden – natürlich durch den Zug. Wir steuern diesen Vorgang mit Hilfe eines Glasschalters neben dem Gleis und eines Magneten. Jede Weiche erhält nur einen GS. Mit Hilfe eines Transistorschalters lassen wir die Lok einen Impuls abgeben, und diesen Impuls leiten wir an einen GS am Bahnkörper. Ordnen wir einen Magneten im Zug in einer Entfernung hinter der Lok an, die dem Abstand zwischen TS und GS entspricht, so wird damit erreicht, daß dieser Impuls vom GS übertragen wird und zum Umschalten einer Weiche geeignet ist. Wir können die Entfernung zwischen TS und GS in Übereinstimmung mit der Einteilung in Gruppen von Weichen unterschiedlich gestalten. *Abb. 6.2.2* verdeutlicht diesen Gedanken.

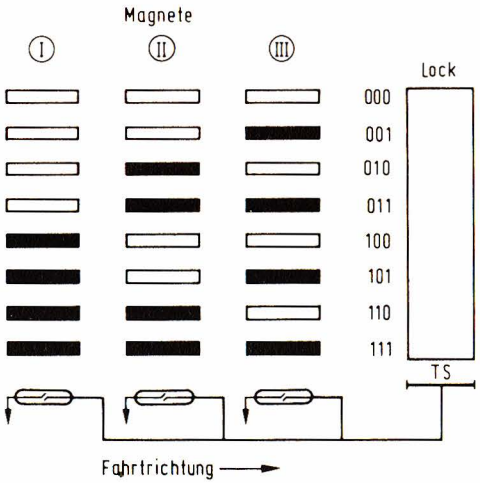


Abb. 6.2.2 Durch Kombination von Magneten in den Zügen und einen GS pro Weiche ist es möglich, Züge nach einem Binärcode über die Anlage zu leiten.

Wir erkennen hier, wie die Magnete über acht Züge entsprechend des Binärcodes jedes Zuges verteilt sind. Unterhalb der Züge haben wir drei GS gezeichnet. Bei jeder Weiche darf nur ein GS angeordnet werden. Die Züge bedienen jede Weiche nur aufgrund der Tatsache, wie die Magnete angeordnet und auf die Gruppe der Weichen abgestimmt sind.

Der Aufbau des Zuges erfolgt in der Zeichnung von rechts (Lok) nach links. Um das Lesen der binären Identität jedes Zuges zu vereinfachen, ordnen wir den Magneten für Gruppe I im hintersten Wagen an. Aus zeichnerischen Gründen wurden die drei Magnete so dargestellt, als würden sie im Zug hintereinander liegen. Das ist natürlich in Wirklichkeit nicht erforderlich. Bei vier an beiden Seiten des Zuges vorhandenen Magneten erfordert diese Identifizierung nur einen Zwischenraum von 18 cm zwischen den GS an einer Seite des Bahnkörpers. Ein Zug von 30 cm Länge kann bereits für diesen Zweck verwendet werden.

Wir wollen nun 12 Züge mit eigener Dienstregelung nach unserer Vorstellung fahren lassen. Wir benötigen dafür 18 Bahnhöfe, die wir mit den

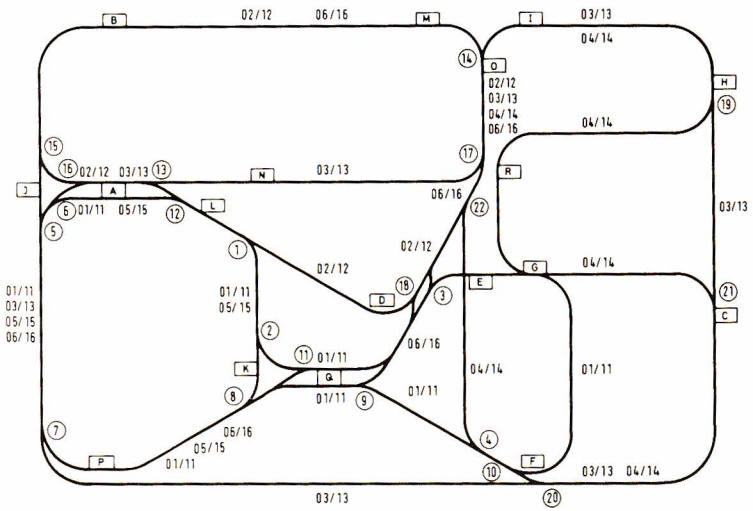


Abb. 6.2.3 Aufbau für eine einfache Weichensteuerung.

Buchstaben des Alphabets von A bis R bezeichnen. Form und Einrichtung der Anlage sind an den Verkehr, aber auch an die finanziellen Möglichkeiten angepaßt.

Die 12 Züge bilden im Prinzip sechs Zugdienste, die ihren Verkehr in beiden Richtungen abwickeln. Jeder Zug fährt eine schleifenförmige Bahn, so daß z.B. ein aus dem Bahnhof A in östlicher Richtung abfahrender Zug in diesen irgendwann aus westlicher Richtung einfährt. Obwohl die Zugnummern für die Steuerung ohne Bedeutung sind, wollen wir sie doch der Vollständigkeit halber und für einen eventuellen Bezug nennen:

Zg 01: A–L–K–Q–D–G–F–Q–P–J–A
Zg 11: A–J–P–Q–F–G–D–Q–K–L–A

Zg 02: A–L–D–R–O–M–B–J–A
Zg 12: A–J–B–M–O–R–D–L–A

Zg 03: A–N–R–O–I–H–C–F–P–J–A
Zg 13: A–J–P–F–C–H–I–O–R–N–A

Zg 04: F–E–R–O–I–H–R–G–F
Zg 14: F–G–R–H–I–O–R–E–F

Zg 05: A–L–K–P–J–A
Zg 15: A–J–P–K–L–A

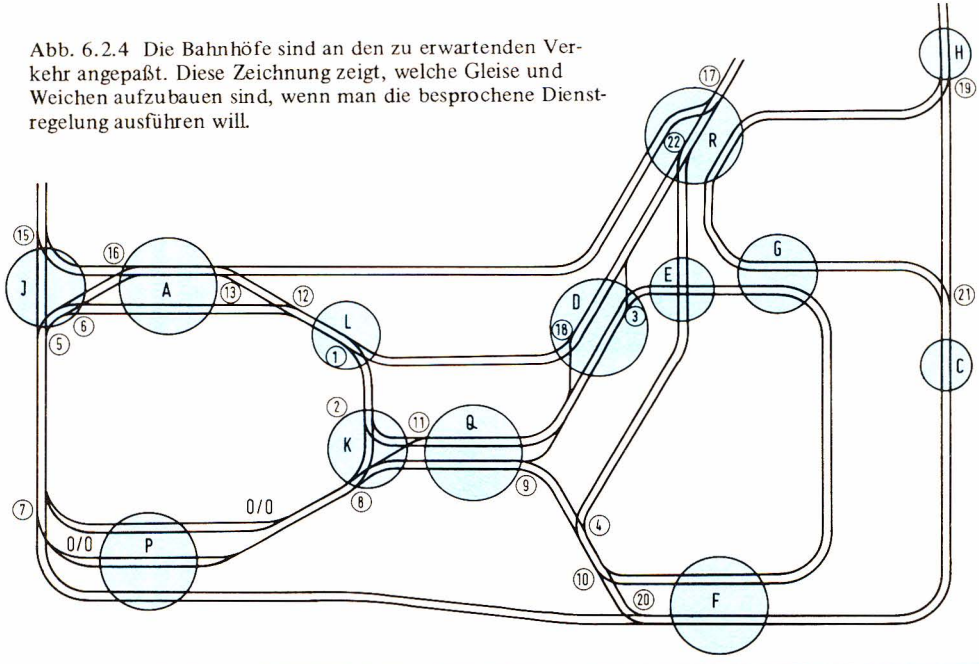
Zg 06: P–K–Q–D–R–O–M–B–J–P
Zg 16: P–J–B–M–O–R–D–Q–K–P

Diese Anlage ist mit 22 N-Gleisen realisierbar. In der Tabelle geben wir die N-Stellung durch Anordnen des Buchstabens N rechts oder links von der Nummer wieder. Es ist nun das Problem zu lösen, wie die N-Lage sein muß und wieviel Magnete im Zug anzuordnen sind. Die Form der Bahnhöfe haben wir an den Verkehrsstrom angepaßt. Nähere Angaben finden Sie in *Abb. 6.2.4.*

Nach einer Analyse erkennen wir, daß die Züge 04/14 und 05/15 getrennte Bereiche befahren. Daher kann die Anordnung der Magnete bei diesen Zügen gleich sein. Es sind dann nur noch fünf Zugarten zu unterscheiden. Wir ordnen den Zügen folgende Zahlen zu:

Zg 01/11 binär 0000
Zg 02/12 binär 1000
Zg 03/13 binär 0100
Zg 04/14 binär 0010
Zg 05/15 binär 0010
Zg 06/16 binär 0001

Abb. 6.2.4 Die Bahnhöfe sind an den zu erwartenden Verkehr angepaßt. Diese Zeichnung zeigt, welche Gleise und Weichen aufzubauen sind, wenn man die besprochene Dienstregelung ausführen will.



					Zg.Nr.	01	11	02	12	03	13	04	14	05	15	06	16
					Gruppe	0	0	I	I	II	II	III	III	III	III	IV	IV
0000	1000	0100	0010	0001	Magnet	00	00	10	00	01	00	00	10	00	10	00	01
–	I	II	III	IV	Weiche												
–	•		–		1N	N		•						N			
–			•		N 2	N								•			
–				•	3N	N										•	
–			•		N 4	N						•					
–		–	–	•	5N	N				N				N			•
–		•	–		6N	N				•				N			
–		•	–	–	N 7		N				•				N	N	
–			•	–	8N		N								•	N	
–				•	9N		N									•	
–			•		N 10		N						•				
–				•	11N		N										•
–	•		–		N 12		N		•						N		
	–	•			13N			N		•							
	–	•	•	–	N 14			N		•		•				N	
	–			•	N 15			N								•	
	–	•			16N				N		•						
	–	•		–	N 17				N		•						N
	•			–	N 18				•								N
		–	•		N 19					N		•					
		–	•		N 20					N		•					
		–	•		21N						N		•				
	–		•		22N				N				•				

Wir kommen also mit *einem* Magneten pro Zug in der gezeigten Reihenfolge aus. Als nächstes müssen wir bestimmen, in welcher Reihenfolge die Weichen einzuteilen sind.

Wir statten den gesamten Komplex der Züge 01/11 mit N-Weichen, die für diese Züge die richtige Lage einnehmen, aus. Diese Züge schalten daher keine einzige Weiche um, und kehren automatisch aus beiden Richtungen nach A zurück. Damit ist die N-Stellung für 12 Weichen bestimmt.
Die Züge 02/12 passieren nur vier bzw. fünf Weichen. Zg 02 passiert Weiche N1, die allerdings vor und durch diesen Zug umgeschaltet werden muß. Da dieser Zug zu Gruppe I, bzw. binär 1000, zählt, muß diese

Weiche auch in dieser Gruppe untergebracht werden. Wir markieren diese Tatsache mit einem dicken Punkt in der Tabelle. In umgekehrter Fahrtrichtung findet Zg 12 zwei Weichen vor, die nicht die richtige Lage einnehmen: Weiche N18 und Weiche N12. Weil dieser Zug zur selben Gruppe wie Zg 02 gehört, zählen diese Weichen auch zu Gruppe I.

Auf diese Weise arbeiten wir die gesamte Liste ab und stellen fest, daß wir bei diesem Programm nur *einen* Magneten pro Zug benötigen. Theoretisch muß bei jeder Weiche auch nur *ein* GS montiert werden, mit einer Ausnahme: Weiche N14 nördlich von O. Hier passieren vier Zugnummern, die zu zweit in eine Richtung fahren. Die Züge 03 und 04 müssen beide rechts abbiegen. Die einfachste Art dies zu realisieren, ist die Anordnung zweier GS bei dieser Weiche. Damit ist auch gleichzeitig gezeigt, daß dieses Verfahren recht flexibel ist.

Eine kleine Nachschau ist hier angebracht. Wir nennen das System einfach, und das Ergebnis zeigt, daß wir kein falsches Wort gewählt haben: Die Maßnahmen am Bahnkörper und in den Zügen sind einfacher nicht möglich. Weshalb ist diese Lösung so verblüffend einfach? Wir wurden sicher alle schon einmal mit einer Bahn konfrontiert, die als „vollautomatisch" angepriesen wurde. Eine nähere Untersuchung hat i.a. ergeben, daß es sich eher um eine „vollkommene Bauernfängerei" handelte.

Häufig fahren alle Züge auf einer eigenen Kreisbahn, zwischen der es keine Verbindung gibt. Es sind zwar Weichen aufgebaut, sie werden aber nicht bedient, oder nur dann, wenn ein Zug von der Schleife A zur Schleife B befördert werden soll. Es sind wohl zwei oder drei Züge in einer Schleife vorhanden. Die Automatik besteht dann darin, daß immer ein wartender Zug durch einen sich von hinten nähernden Zug in Bewegung gesetzt wird. Der hintere Zug kommt dann im selben Block zum Stillstand, wo er so lange wartet, bis der nächste Zug ihn auf die gleiche Weise wieder in Bewegung setzt. Da sich alle kreisförmigen Bahnen auf gleicher Ebene nicht kreuzen und auch nirgends Weichenprobleme bestehen, spielen sich einfache Vorgänge auf mehreren Kreisbahnen ab. So etwas können wir nicht automatisierte Eisenbahn nennen.

Ganz anders ist dies in unserem Beispiel. Es werden 22 Weichen bedient, und keine ist Attrappe. Wie ist es dennoch möglich, daß eine so umfangreiche Anlage mit so vielen Zügen offenbar so einfach zu steuern ist? Der Grund liegt in den von uns angewendeten Kunstgriffen. Die Anlage der Bahnhöfe ist hierfür ein gutes Beispiel. Die Weichen auf den Bahnhöfen wurden auf das äußerste Minimum begrenzt. Wir brauchen uns mit dieser Vorgehensweise aber nicht zu genieren, denn unser großes Vorbild, die Bundesbahn, wird auch keine einzige Weiche mehr aufbauen, als erforderlich ist, denn trotz des perfekten Sicherungs-

systems wird eine Weiche als notwendiges Übel betrachtet. Schwierigkeiten entstehen durch nichtkorrekte Funktion (Zungen nicht vollständig geschlossen), Entgleisungen (wegen der Unterbrechung der Schienen) und Zusammenstöße. Sie werden daher auch nur vorgesehen, wenn ihre Notwendigkeit feststeht. Man baut lieber einige Kilometer mehr Gleise auf, wenn dadurch unerwünschte Komplikationen durch Weichen verhindert werden können.

So haben wir in G die Gleise für die Züge 01/11 und 04/14 getrennt gehalten, um die Anlage der Bahn aus Kostengründen möglichst einfach darzustellen, aber nicht weil eine einfache Steuerung dies erfordert. Es können zwei Weichen in Gruppe III in N-Lage für die 01/11-Züge angeordnet werden.

In R könnte die Zusammenfügung der Gleise aus südlicher Richtung Probleme ergeben, die aber nicht unlösbar sind. Es ist gerade eine sehr interessante Aufgabe, die Züge 04 und 14 in die vorgeschriebene Richtung fahren zu lassen. Ein Leser, der dieses Buch bis zu dieser Seite durchgelesen und verstanden hat, ist in der Lage, dieses Problem zu lösen. Als Tip weisen wir auf den Zielblock hin. Diese Vereinfachung muß nicht bedeuten, daß wir nur mit 12 Zügen fahren können. Die Besetzung jedes Abschnittes mit einem Zug, wie beschrieben, ist mager. Ohne Schwierigkeiten können wir die Anzahl von 12 auf mehr als das Doppelte erhöhen. Das könnte höchstens zu einem überhöhten Verkehr auf einigen Bahnhöfen führen. Zusätzliche Gleise kompensieren den Nachteil. Die Beschränkung dieses Systems liegt daher

a) in der Anzahl der Zugdienste,

b) im Unvermögen Zugtypen zu unterscheiden und

c) im Wunsch, Züge eines Typs individuell zu behandeln.

Damit dies möglich wird, müssen wir auf universelle Steuerungssysteme übergehen. Dafür müssen wir aber noch einige Finanzen zur Verfügung stellen.

6.3 Universelles Weichensteuerungssystem

Die universelle Identifizierung wurde bereits besprochen. Es bietet sich an, diese auch für die Weichensteuerung anzuwenden. Die Identität eines Zuges hängt dann nicht vom Gleisplan ab.

Es müssen keine Gruppen von Weichen mehr unterschieden werden, und die Anzahl spielt absolut keine Rolle. Die Anzahl der Unterscheidungsmöglichkeiten ist im Prinzip unbegrenzt, ohne daß dies erforderlich wäre.

Um bei einem praktischen Beispiel zu bleiben, wollen wir 16 Züge unterscheiden.

Um 16 Züge unterscheiden zu können, sind maximal vier Positionierungen der Magnete in den Zügen erforderlich, denn $2^4 = 16$. Jede Weiche erhält dann 4 GS, damit die Anwesenheit von Magneten in den Zügen feststellbar ist. Jeder GS wird mit dem nichtinvertierenden Eingang eines IF-FF verbunden. Die Lok eines Zuges gibt über einen Transistorschalter einen Impuls ab. Zu dem Zeitpunkt befinden sich alle Magnete des Zuges bezogen auf die GS am richtigen Ort. Liegt ein Magnet über einem GS, so wird der Impuls weitergegeben. Auf diese Weise entsteht ein Impulszug entsprechend der Anordnung der Magnete. Dieses Muster schaltet entsprechend die FFs um. An den Ausgängen der FFs entsteht ein entsprechender Impulszug. Die vom IF-Impuls eingelesenen Flip-Flops sind 1, während die anderen noch auf 0 stehen. Von den entsprechenden Ausgängen können wir die logischen Werte auf ein NAND (4) übertragen. Dieses wird nur in einem einzigen Fall eine 0 am Ausgang führen, und zwar wenn die Kombination der invertierenden und nichtinvertierenden Ausgänge dem NAND nur Einsen anbietet. Das ist nur der Fall, wenn die entsprechenden Anschlüsse des NAND mit dem Impulsmuster der Magnete des vorüberfahrenden Zuges übereinstimmen. Wir erkennen in *Abb. 6.3.1,* wie der Zug 1101 erkannt wird.

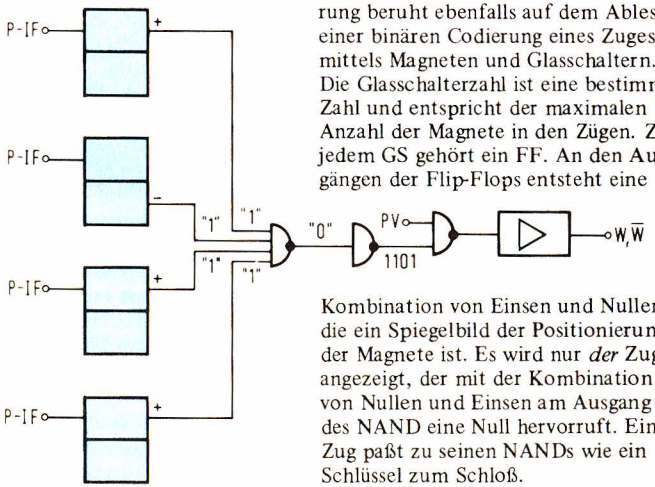


Abb. 6.3.1 Die universelle Identifizierung beruht ebenfalls auf dem Ablesen einer binären Codierung eines Zuges mittels Magneten und Glasschaltern. Die Glasschalterzahl ist eine bestimmte Zahl und entspricht der maximalen Anzahl der Magnete in den Zügen. Zu jedem GS gehört ein FF. An den Ausgängen der Flip-Flops entsteht eine Kombination von Einsen und Nullen, die ein Spiegelbild der Positionierung der Magnete ist. Es wird nur *der* Zug angezeigt, der mit der Kombination von Nullen und Einsen am Ausgang des NAND eine Null hervorruft. Ein Zug paßt zu seinen NANDs wie ein Schlüssel zum Schloß.

Damit andere Züge auch unterschieden werden können, lesen wir von denselben vier FFs andere Kombinationen an den Ausgängen ab und leiten diese zu anderen NANDs (4). Die Ausgänge all dieser NANDs werden durch ein NAND zusammengefaßt, das hier die Rolle des Inverters der *Abb. 6.3.1* übernimmt. So erkennen wir in *Abb. 6.3.2* durch die unteren beiden NANDs, wie die Züge 1000 und 1110 identifiziert werden.

Diese Schaltung besitzt noch ein weiteres NAND-Gatter (3), das noch kurz erläutert werden sollte:

Betrachten wir zwei Züge mit den Identitäten 0011 und 1011, so erkennen wir, daß die letzten drei Ziffern gleich sind. Es ist in diesem Fall offenbar unwichtig, welchen logischen Wert die erste Ziffer jedes Zuges besitzt, denn in beiden Fällen muß die gleiche Schlußfolgerung gezogen und z.B. eine Weiche nach rechts umgeschaltet werden.

In diesem Fall reicht in der Tat die Identifizierung der letzten drei Ziffern aus, wie dies *Abb. 6.3.2* zeigt.

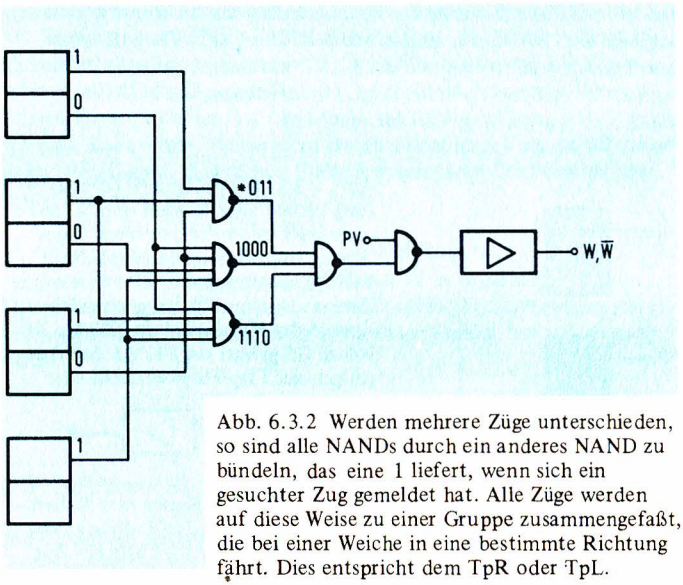


Abb. 6.3.2 Werden mehrere Züge unterschieden, so sind alle NANDs durch ein anderes NAND zu bündeln, das eine 1 liefert, wenn sich ein gesuchter Zug gemeldet hat. Alle Züge werden auf diese Weise zu einer Gruppe zusammengefaßt, die bei einer Weiche in eine bestimmte Richtung fährt. Dies entspricht dem TpR oder TpL.

7 Verfeinerung der Verkehrsregelung

7.1 Einleitung

Mit der Zunahme der Anzahl Gleise entstanden neue Probleme, und es waren Maßnahmen erforderlich, um Unfälle zu vermeiden. Wir haben unser Heil im y-Block gesucht; es stellte sich aber bald heraus, daß diese Lösung nicht optimal war. Die Verkehrsregelung mittels y-Block ist recht umständlich, und natürlich entsteht der Wunsch, diese Verhältnisse zu verbessern.

Die Schwierigkeit liegt darin, daß der Vorrang eines abfahrenden Zuges entfällt, wenn dieser sich in Bewegung setzt. Bei einer Vorrangschaltung gibt es immer folgende zwei Vektoren:

a) den Aktivierungsvektor A des Abfahrblockes

b) den Vektor $\overline{A}$ des Zielblockes.

Zum Zeitpunkt der Ansteuerung des Abfahrblockes sind beide Vektoren Eins. Der Vorrang besteht nun darin, daß der Steuervektor des Verstärkers $\overline{Bx}$ zu dem Zeitpunkt 0 ist und dafür sorgt, daß andere Blöcke nicht aktiviert werden können. Sobald jedoch die A-Vektoren ihr Vorzeichen ändern, entfällt die Aktivierung des Abfahrblockes. Der Vektor $\overline{Bx}$ wird Eins, und damit kann ein anderer Block angesteuert werden. Geschieht dies zu einem Zeitpunkt, da der zuerst abgefahrene Zug noch vom zweiten Zug angefahren werden kann, so müssen Maßnahmen getroffen werden, die Abfahrt des zweiten Zuges bis zu einem gefahrlosen Zeitpunkt zu verhindern.

7.2 Sicherheitssystem

Es gibt zwei prinzipielle Möglichkeiten, einen Zug beim Überfahren eines Weichenkomplexes zu sichern:

a) Übertragung des Vorranges

b) Notbehelfe.

Die Übertragung des Vorranges kann auf zwei Arten geschehen:

a) Wir sorgen dafür, daß die den Vorrang erzeugenden Vektoren ihr Vorzeichen nicht ändern, bis der gefährdete Zug passiert hat.

b) Wir legen den übertragenen Vorrang mit einem Flip-Flop, das seine Polarität erst ändert, nachdem der gefährdete Zug vorbeigefahren ist, fest.

Notbehelfe beinhalten, daß andere behindernde Bedingungen (für den anderen Zug) entstehen, bevor der Vorrang entfällt oder zum Zeitpunkt des Wegfallens des Vorrangs.

Ein Beispiel hierfür ist das vorzeitige PA bei der DOM-Vorrangsregelung des Punktes 2.3.

Ein anderes Beispiel ist der y-Block. Da wir nun gerade den y-Block vermeiden wollen, ist eine Lösung durch die Aufteilung des y-Blockes in verschiedene gleichartige Blöcke mit weniger wirksamen Konsequenzen für den Verkehr möglich. Wir werden alle diese Möglichkeiten untersuchen.

7.3 Signalbeeinflussung (1)

Wir hatten hierfür schon mehrere Beispiele angeführt. Ein vorzeitiges PA bei DOM führte nicht zu einer Beibehaltung des übertragenen Vorrangs. Die Anwendung entspricht einem Notbehelf, denn es entstand eine Behinderung für den dominanten Zug, weil dessen Vorrang unantastbar ist.

Ein besseres Beispiel ist die Versetzung der Signale bei der Kreuzung in Punkt 2.4.

Wir möchten untersuchen, inwieweit diese Methode bei größeren Komplexen, die eine solche Kreuzung enthalten, brauchbar ist, und verwenden eine doppelte Verbindung. *Abb. 7.3.1* zeigt, worum es geht.

Wollen wir die Signalisierungsanlagen der Abfahrblöcke versetzen, so sind sie hinter den Weichen anzubringen. Zum Glück ist das im Gleisplan möglich. Wir versetzen nun die GS von B1 und B2 hinter die Weiche. Allerdings sind nun statt einem zwei GS pro Verkehrsstrom zu montieren.

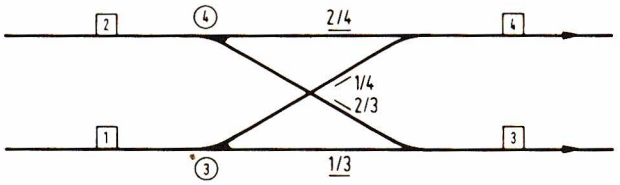


Abb. 7.3.1 In diesem Gleisplan doppelter Verbindungen wurden vier GS hinter der Kreuzung, jedoch vor der bündelnden Weiche, angebracht. Jeder GS erhält daher eine eigene Bezeichnung: 1/3, 1/4, 2/3 und 2/4.

Abb. 7.3.2 Die verFEINerung der Verkehrsabwicklung kommt durch die Aufspaltung der Verkehrsströme im Blockierdiagramm zum Ausdruck.

		B1		B2	
		1/3	1/4	2/3	2/4
B1	1/3			R	
	1/4			R	R
B2	2/3	R	R		
	2/4		R		

Es ist nämlich nicht möglich, die GS so zu versetzen, daß sie in den Zielblöcken B3 und B4 liegen, weil dort nicht bekannt ist, aus welchem Block ein passierender Zug kommt. Es werden also vier GS hinter der Kreuzung und vor der bündelnden Weiche, wie dies die Abbildung zeigt, angeordnet.

Jeder GS bekommt eine eigene Bezeichnung: GS1/3, 1/4, 2/3 und 2/4. Mit diesen Glasschaltern erzeugen wir dann wieder gleichzeitig die Signale PLW (Abfahrblock) und PA (Zielblock).

Wir sind noch nicht am Ziel, denn dieser Aufbau ist eine verfeinerte Verkehrsregelung. Wir bringen dies in einem Blockierdiagramm zum Ausdruck, das zur Darstellung dieser Idee ebenfalls in verfeinerter Form aufgezeichnet wird. Es sind die zusätzlichen Verkehrsströme mitaufgenommen, und die Blockierung wird verfeinert aufgezeichnet.

Wir untersuchen im Gleisplan, welche Verkehrsströme einander behindern. Der Verkehr B1/3 stört nur den Verkehr B2/3 und umgekehrt. Diese Störung beheben wir durch eine ROU-Kopplung zwischen beiden Fahrströmen. Wo Entsprechendes für die Verkehrsströme B1/4 und B2/4 gilt, erscheint der Buchstabe R in den Schnittpunkten von Zeile und Spalte dieser Fahrtrichtungen. Ein über die Kreuzung fahrender Zug kann durch jeden anderen Zug eines damit verbundenen Blockes behindert werden. Zg B1/4 muß dann den gesamten Verkehr in B2 stillegen, und zwar in beiden Richtungen. Zg B2/3 muß entsprechend beide Ströme aus B1 blockieren. Dies kommt alles im Blockierdiagramm zum Ausdruck. Auf Grund dessen gibt es folgendes Ansteuerungsschema:

	Q	VR
B1/3 =	$\overline{A3} \cdot W3 \cdot$	$A1 \cdot \overline{B2/3}$
B1/4 =	$\overline{A4} \cdot \overline{W3} \cdot$	$A1 \cdot \overline{B2}$
B2/3 =	$\overline{A3} \cdot W4 \cdot$	$\overline{B1} \cdot A2$
B2/4 =	$\overline{A4} \cdot \overline{W4} \cdot$	$\overline{B1/4} \cdot A2$

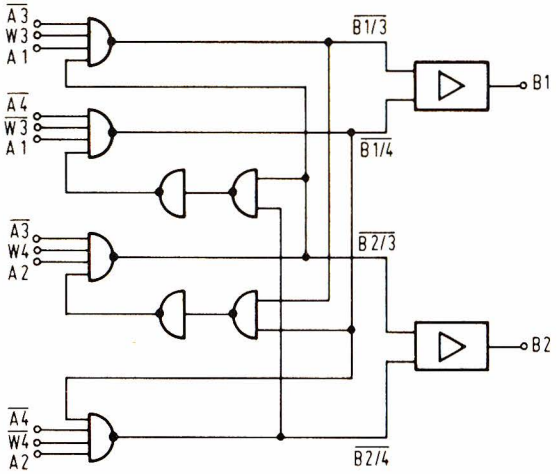


Abb. 7.3.3 Die Ausarbeitung des Blockierdiagramms führt zu dieser Schaltung, bei der nur blockiert wird, wenn dies erforderlich ist.

Bemerkungen:

a) In den Spalten unter Q ordnen wir die Vektoren für die Blöcke A3 und A4 gemeinsam mit den zugehörigen Weichenvektoren ein.

b) In den Spalten unter VR ordnen wir die Blöcke B1 und B2 entsprechend ein.

c) Die Blöcke B1 und B2 müssen positiv aktiviert werden, weil sie einen anderen Block blockieren. Dies muß man aus den Angaben von A1 und von A2 in den entsprechenden Spalten erkennen.

Die tabellarische Aufstellung führt zu einer Schaltung nach *Abb. 7.3.3.*

7.4 Signalbeeinflussung (2)

Die Lösung nach Artikel 7.3 war möglich wegen des geeigneten Gleisplans. Bei einer doppelten Kreuzungsweiche können die Glasschalter auf diese Weise nicht versetzt werden. Die doppelte Kreuzungsweiche besteht aus einer Kombination von Weichenzungen und einer Kreuzung und ist dadurch so kompakt geworden, daß sich ein Glasschalter nicht mehr einfügen läßt. Vor oder hinter der Weiche sind GS nicht zu

gebrauchen, denn hinter der Weiche beispielsweise ist nicht mehr festzustellen, woher ein passierender Zug kommt.

Ein y-Block kann dagegen ohne weiteres bei einer doppelten Kreuzungsweiche eingesetzt werden, denn der Verkehr über die Weiche besteht immer nur aus *einem* Zug. Bei einer Kombination dieser Weiche mit einer anderen, z.B. einer zweiten doppelten Kreuzungsweiche, die neben und nicht hinter der ersten liegt, wäre ein y-Block nicht akzeptabel, während das Arbeiten mit Glasschaltern noch gerade möglich wäre.

Wir wollen das Prinzip anhand einer doppelten Kreuzungsweiche erklären.

Das von uns zu lösende Problem liegt darin, daß ein Zug mit Vorrang mit seinem letzten Wagen vor der Weiche ein Signal PLW abgeben muß, weil der Glasschalter nicht versetzt werden kann. Es ist nicht schwierig, Probleme mit einem eventuellen zweiten Zug zu verhindern, wenn man dafür sorgt, daß:

a) beide Folgeblöcke hinter der Weiche lang genug sind, jeden passierenden Zug in voller Länge aufzunehmen, so daß nicht das Ende eines Zuges auf der Weiche stehen bleibt;

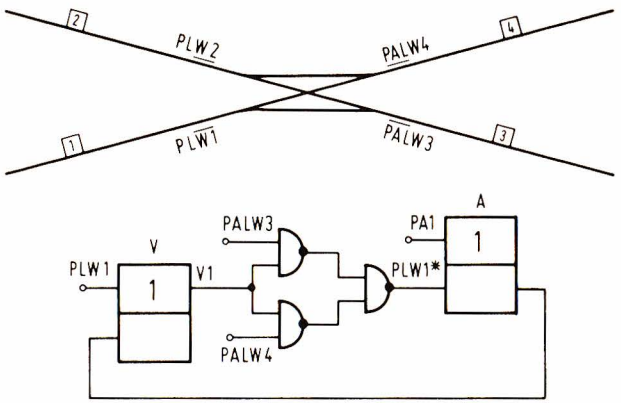


Abb. 7.4.1 Bei dieser Kreuzungsweiche können die Glasschalter nicht bis unmittelbar vor oder hinter der Weiche angeordnet werden. Damit VR möglich ist, darf der Block noch nicht durch PLW freigegeben werden. Dieses Signal muß auf einem Abfahrt-FF eingeschrieben werden. Kombiniert man dessen nichtinvertierten Ausgang Vx mit PALW, so entsteht ein Impuls, mit dem das A-FF des verlassenen Blockes ausgelesen wird.

b) der Haltabschnitt beider Blöcke vor der Weiche mit etwas Abstand vom Komplex angeordnet ist;

c) der GS vor PLW in beiden Blöcken möglichst dicht an der Kreuzung angeordnet ist.

Wir wollen diese Mittel nicht verwenden und untersuchen, in welcher Form eine zweite Signalbeeinflussung möglich ist. Da das Signal PLW unvermeidlich ist, leiten wir es an ein zusätzliches FF, das *Abfahrts-Flip-Flop,* anstatt es auf das A-FF des verlassenen Blockes einwirken zu lassen.

Durch PLW erhält es die Stellung 1. Wir ordnen die Glasschalter neben der Bahn an, so daß in den Gleisen hinter der Weiche das PALW entsteht. *Abb. 7.4.1* zeigt, wie die Schaltung arbeitet:

PA1 bestimmt A1 = 1

PLW1 bestimmt V1 = 1

PALW 3/4 · V1 bestimmt den Impuls, durch den das A1-FF auf Null gesetzt wird. Verbindet man den invertierten Ausgang dieses FF mit dem invertierten Eingang des V-FF, so wird letzteres so lange durch das A-FF in dem Zustand gehalten, bis der Block besetzt ist. Hiermit verfügen wir über ein sicheres Verfahren, größere Komplexe zu beherrschen und den Verkehr möglichst FEIN zu regeln.

7.5 Block-Flip-Flops

Wenn eine Signalbeeinflussung nicht möglich oder wünschenswert ist, können wir einen übertragenen Vorrang auch auf einem Flip-Flop markieren. *Abb. 7.5.1* verdeutlicht unsere Absicht. Anstatt $\overline{B}$-Vektoren des Verkehrsstroms über Puffer einem Blockverstärker anzubieten, leiten wir diese über Dioden an den Eingang eines B-FF, das aus NANDs aufgebaut sein kann.

Sobald einem der Verkehrsströme Vorrang verliehen wurde, springt FF auf Eins. Damit verfügen wir über eine unabhängige Darstellung des Vorrangs, so daß bei Entfallen der Aktivierung einer der resultierenden Vektoren wir doch über einen Vorrangsvektor verfügen, mit dem andere Blöcke beeinflußt werden können.

Der Ausgang des FF wird bei Vorrang Null und aktiviert den Verstärker.

Den blockierenden Vektor entnehmen wir den Ausgängen des B-FF. Benötigen wir zur Blockierung nicht den gesamten Vektor $\overline{B1}$, sondern einen Teilvektor, z.B. B1/4, so müssen wir diesen ausgehend vom Vektor B1 speziell zusammenstellen, was meist mit Hilfe eines Weichen-

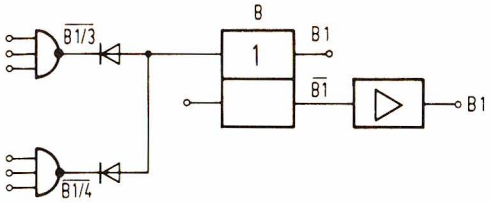


Abb. 7.5.1 Anstatt einen Verstärker direkt mit B anzusteuern, verwenden wir diesen Vektor, um ein Block-Flip-Flop einzulesen. Dadurch wird der übertragene Vorrang sichergestellt und die Vorzeichen der Ausgangsvektoren geändert.

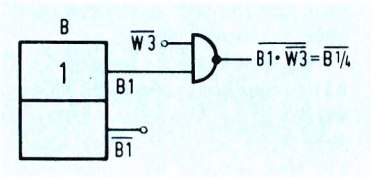


Abb. 7.5.2 Die blockierenden Vektoren werden nun ausschließlich vom Block-Flip-Flop geliefert. Teilvektoren werden durch Kombination mit Weichenvektoren gebildet.

vektors möglich ist; *Abb. 7.5.2* verdeutlicht dies. Die Einführung des B-FF liefert noch einige Probleme, z.B. die Null-Setzung dieses Flip-Flops.

Wenn Widersprüche ausgeschlossen sind, wenden wir PALW direkt an. Bei komplizierteren Weichenkomplexen müssen wir weiter ausholen. Zu diesem Zweck benutzen wir das V-FF.

Wäre dies alles, so könnten wir vielleicht ohne weiteres das Block-Flip-Flop in Angriff nehmen. Aber in einigen von uns entwickelten Schaltungen mit der Bezeichnung ROU entsteht, wenn auch kurzzeitig, eine doppeldeutige Entscheidung. Da TTL-Schaltungen, wie alle modernen elektronischen Bauelemente, sehr schnell schalten, kann ein Zustand entstehen, wobei zwei B-FFs gleichzeitig eingelesen werden.

In unseren Schaltungen wird eine solche Situation dadurch gelöst, daß ein Vorrang in den anderen Blöcken entfällt. Dies ist möglich, weil der Vorrang im Wesen das Signal $\overline{Bx}$ jedes angesteuerten Blockes ist. Die Schaltungen sind so entworfen und miteinander gekoppelt, daß die Aktivierung aller Blöcke, denen dieses Signal angeboten wird, unmöglich wird, wenn das Signal $\overline{Bx}$ Null wird. Eine bereits entstandene Aktivierung in einem der anderen Blöcke entfällt dann wieder. Letzteres ist unmöglich, wenn die Aktivierung auf einem Flip-Flop registriert wird. Das Flip-Flop verdankt seine Bedeutung der Fähigkeit, einen Zustand beizubehalten; dadurch würden immer mehr Züge fahren. Wir müssen uns also nach

einem anderen Verfahren umsehen, das die gleichzeitige Entstehung von Aktivierungen verhindert.

Dieses Verfahren gucken wir den großen Computern ab. Der zeitliche Ablauf der Schaltvorgänge eines Computers wird gespeist aus einem Taktgenerator (clock). Eine solche Schaltung ist eng verwandt mit der Schaltung in *Abb. 3.9.1.* Wir erinnern uns, daß hier eine Serie aufeinanderfolgender Impulse erzeugt wird, die nacheinander den verschiedenen Blöcken angeboten werden. Diese Schaltung lieferte fünf Impulse; sie kann aber beliebig erweitert werden, wenn wir mehr als fünf Impulse benötigen. Zehn Impulse sind i.a. relativ viel. Es besteht allerdings ein wichtiger Unterschied zwischen der STOP-Schaltung der *Abb. 3.9.1* und dem Taktgenerator, nämlich in der Impulsfrequenz. Für unseren Zweck kann eine Impulsfrequenz von 100000 Impulsen pro Sekunde oder höher verwendet werden.

Wir verwenden die Impulse des Taktgenerators, um nacheinander die Aktivierung konkurrierender Blöcke zu ermöglichen. Die Impulse werden an das Abschluß-NAND jedes Verkehrsstromes geleitet. Auf diese Weise hat z.B. der Verkehrsstrom B1/7 als erster die Möglichkeit, TP1 hinzuzufügen. Wenn alle Umstände für diesen Verkehrsstrom nach der Verkehrsformel günstig sind, so wird der Zeitimpuls eine Veränderung herbeiführen. Zu dem Zeitpunkt entstehen die normalen blockierenden Vektoren; anderen Blöcken wird die Aktivierungsmöglichkeit entnommen. Falls jedoch die Bedingungen der Verkehrsformel für den Verkehr B1/7 nicht alle erfüllt sind, ruft der Zeitimpuls eine Änderung hervor. Eine 100000-stel Sekunde später erreicht TP2 das Abschluß-NAND des Verkehrsstroms B2/7 und kann unter entsprechenden Voraussetzungen eine Änderung herbeiführen. Auf diese Weise regeln wir die verschiedenen Verkehrsströme. Wir markieren die Entstehung einer Aktivierung durch ein Block-Flip-Flop. Die Information bleibt auch dann erhalten, wenn die Ansteuerung durch Bewegung der Züge wieder entfallen ist. Erst wenn der Zug die Kreuzung sicher überfahren hat, entsteht das Signal, mit dem das Block-Flip-Flop wieder auf Null gesetzt wird. Zu dem Zeitpunkt erhält einer der Blöcke wieder die Möglichkeit, angesteuert zu werden. Die Reihenfolge wird durch den Zeitimpuls bestimmt.

7.6 y-Block

Der große Vorteil des y-Blockes liegt in seiner Einfachheit. Sowohl Aufbau als auch Funktion unterstreichen diese Feststellung. Da die Funktion

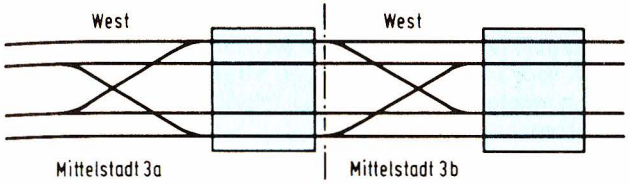


Abb. 7.6.1 Die Westseite von Mittelstadt kann durch Kombination von zwei einfachen Kreuzungen auf zwei Arten aufgebaut werden. Die gewählte Lösung ist noch spiegelbildlich auf der Ostseite aufzubauen.

jedoch nicht stufenweise erfolgt, liegt die Überlegung nahe, ob hieran nichts zu ändern ist. Grundlage dafür bildet der Gleisplan.

Wir besuchen daher noch einmal Mittelstadt. Wir bauen die Gleisanlage nach *Abb. 7.6.1* auf. Die Westseite ist zweimal abgebildet mit zwei alternativen Gleisverbindungen. In beiden Fällen unterstellen wir eine symmetrische Lösung auf der Ostseite. Dies bedeutet, daß die Ostseite der Lösung 3a gleich der Westseite 3b entspricht. Zu beiden Seiten finden wir eine einfache Verbindung vor. Wir möchten Lösung 3a näher betrachten:

Der gesamte y-Block umfaßt vier Gleise. Es ist nicht einzusehen, daß Zg 5/7 hält, weil Zg 1/3 anfährt. Der y-Block ist mit den Innengleisen zu verbinden.

Dies beinhaltet die Bereiche 2/4 und 6/8. Für beide gilt obige Überlegung. Den y-Block für den Verkehr 6/8 betrachten wir als unvermeidlich. Das Gleis 2/4 möchten wir jedoch gerne separat halten. Um die Übersicht zu verbessern, schreiben wir alle Gefahrenpunkte auf:

a) für Gleis 2/3: Gleis 5/8, Gleis 6 und Gleis 1
b) für Gleis 2/4: Gleis 5/8
c) für Gleis 5/8: Gleis 6

Die Schwierigkeit zwischen Gleis 1 und Gleis 2/3 entspricht einer einfachen Bündelung. Mit DOM zugunsten von B2 und einem vorzeitigen PA3 in B1 ist dieses Problem aus der Welt.

Wir müssen allerdings die Entfernung von B2 nach B3 berücksichtigen. Wenn hier kurze Züge fahren, kann dieses Problem mit einem y-Block gelöst werden. Da wir dies aber gerade vermeiden wollen, werden wir für Gleis 2/3 trotz des DOM-Vorrangs die Signale etwas verändern. Unmittelbar hinter der Weiche 4 können wir PA3 (vorzeitig) oder PLW (verzögert) in der Hoffnung abgeben, daß auch kurze Züge keine Schwierigkeiten mehr hervorrufen. Der Schnittpunkt zwischen den Gleisen 2/4 und 5/8

kann als Kreuzung betrachtet werden. Läßt man die Signale PALW auf beide Gleise einwirken, so ist auch hier der Vorrang sichergestellt.

Es gibt noch drei Gefahrenpunkte, die wir gemeinsam in einen y-Block einbeziehen. Damit entsteht die folgende Übersicht von Aktivierungen:

	Q	VR
B1	$\overline{A3}$ ·	$\overline{A2}$
B2/3 =	$\overline{A3}$ · W4 · $\overline{Ay}$ ·	A2 · $\overline{B5/8}$ · $\overline{B6}$
B2/4 =	$\overline{A4}$ · $\overline{W4}$ ·	A2 · $\overline{B5/8}$
B5/7 =	$\overline{A7}$ · W7	
B5/8 =	$\overline{A8}$ · $\overline{W7}$ · $\overline{Ay}$ ·	$\overline{B2}$ · A5 · $\overline{B6}$
B6 =	$\overline{A8}$ · $\overline{Ay}$ ·	$\overline{B2/3}$ · $\overline{B5/8}$ · A6

Es gibt noch einige Punkte, die zu berücksichtigen sind:

a) Parallel zu Gleis 5/8 haben wir einen GS für PLW5 eingebaut. Damit können wir auch PA8 bilden. Für Züge aus B6 muß in B8 eine zusätzliche Signalisierungseinrichtung für PA8 eingebaut werden. Es ist zu berücksichtigen, daß ein Zug aus B5 mit dieser Signalisierung, die natürlich auch von diesen Zügen angesprochen wird, das Signal PA8 nicht vor dem genannten GS abgibt.

b) Ein Flip-Flop darf niemals von einem Zug gelesen werden, der den Inhalt nicht auch geschrieben hat. Zg 2/3 steuert das Ay-FF bei der Abfahrt an. Dieser Zug wird mit PALW3 das Ay-FF normalerweise wieder in Position 0 bringen. Wenn wir die Schalter erst hinter der bündelnden Weiche vor B3 in Block 3 aufstellen, so wird auch ein Zug aus B1 dieses

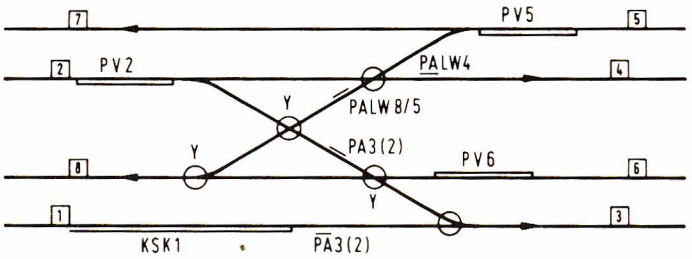


Abb. 7.6.2 Durch individuelle Behandlung der Verkehrsprobleme bei den fünf Gefahrenpunkten kann ein verbesserter y-Block entstehen, so daß ein weniger ausgeprägter GROB-Effekt auf den Verkehrsablauf entsteht.

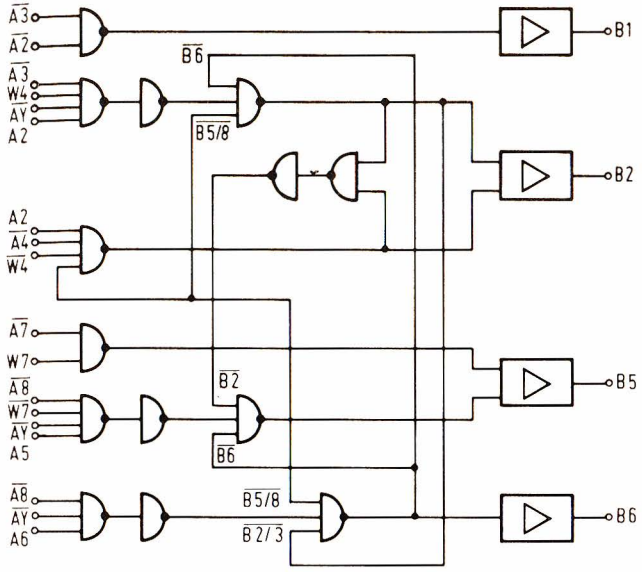


Abb. 7.6.3 Die verFEINerung des y-Blocks liefert eine recht komplizierte Schaltung.

Ay-FF auf 0 setzen – das ist nicht zulässig. Der GS muß zu diesem Zweck daher auch vor oder neben der genannten Weiche angebracht werden.

c) Die wichtigste Bemerkung kommt zuletzt:
Der y-Block wird durch PV jedes Blockes eingelesen. Ein Zug aus B2 und B5 wird dann, ungeachtet seines Ziels, immer den y-Block einlesen, was nicht beabsichtigt ist. Wir verfeinern daher dieses Einlesen durch Verbinden von PV mit der Weichenstellung.

Mit diesen Angaben ist das Schaltbild der *Abb. 7.6.3* aufgebaut.

7.7 Doppelte Dreiwegekreuzung

Um obige Theorie etwas zu verdeutlichen, werden wir nun zwei Schaltungen besprechen. Die erste bezieht sich auf den Gleisplan der *Abb. 7.7.1.* Ohne Berücksichtigung von Dienstregelungen, Identifizierungen, Weichensteuerung u. dgl. möchten wir die Verkehrsprobleme auf vier verschiedene Arten lösen.

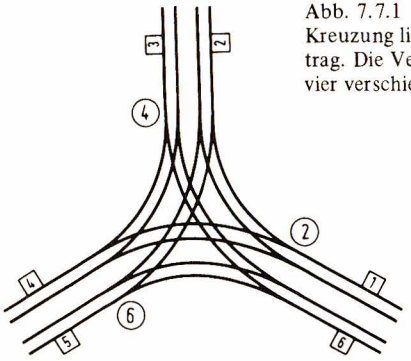


Abb. 7.7.1 Diese doppelte sternförmige Kreuzung liefert nur einen geringen Beitrag. Die Verkehrsprobleme werden auf vier verschiedene Arten gelöst.

Lösung 1:
Durch den y-Block entstehen folgende Formeln:

	Q	VR
B1 =	$(\overline{A2} \cdot W2 + \overline{A4} \cdot \overline{W2}) \cdot \overline{Ay} \cdot$ usw.	$A1 \cdot \overline{B3} \cdot \overline{B5}$

Lösung 2:
Mit einem zentralen und drei kleineren y-Blöcken für die Bündelung zwischen 1/5, 3/1 und 5/3 entstehen folgende Verhältnisse:

Ay_c-FF wird eingelesen durch $PV1 \cdot \overline{W2} + PV3 \cdot \overline{W4} + PV5 \cdot \overline{W6}$
Ay_1 wird eingelesen durch $PV1 \cdot W2 + PV5 \cdot \overline{W6}$
Ay_3 wird eingelesen durch $PV3 \cdot W4 + PV1 \cdot \overline{W2}$
Ay_5 wird eingelesen durch $PV5 \cdot W6 + PV3 \cdot \overline{W4}$

Für die Blöcke gilt:

	Q_n	Q_y	VR
B1/2 =	$\overline{A2} \cdot W2$	$\overline{Ay_1} \cdot$	$A1 \cdot \overline{B5/2}$
B1/4 =	$\overline{A4} \cdot \overline{W2}$	$\overline{Ay_3} \cdot \overline{Ay_c} \cdot$	$A1 \cdot \overline{B3} \cdot \overline{B5/2}$
B3/4 =	$\overline{A4} \cdot W4$	$\overline{Ay_3} \cdot$	$\overline{B1/4} \cdot A3 \cdot$
B3/6 =	$\overline{A6} \cdot \overline{W4}$	$\overline{Ay_5} \cdot \overline{Ay_c} \cdot$	$\overline{B1/4} \cdot A3 \cdot \overline{B5}$
B5/6 =	$\overline{A6} \cdot W6$	$\overline{Ay_5} \cdot$	$\overline{B3/6} \cdot A5$
B5/2 =	$\overline{A2} \cdot \overline{W6}$	$\overline{Ay_1} \cdot \overline{Ay_c} \cdot$	$\overline{B1} \cdot \overline{B3/6} \cdot A5$

Lösung 3:
Eine Signaländerung ohne y-Blöcke liefert folgende Lösung; PALW wird für untenstehende Funktionen verwendet:

PALW1/2 liefert $\overline{A1}$	A2	
PALW1/4 liefert $\overline{A1}$	A4	W2
PALW3/4 liefert $\overline{A3}$	A4	
PALW3/6 liefert $\overline{A3}$	A6	W4
PALW5/6 liefert $\overline{A5}$	A6	
PALW5/2 liefert $\overline{A5}$	A2	W6

Die Glasschalter liegen immer unmittelbar vor den bündelnden Weichen.
Für die Blöcke gilt:

	Q	VR
B1/2 =	$\overline{A2} \cdot W2 \cdot$	$A1 \cdot \cdot \overline{B5/2}$
B1/4 =	$\overline{A4} \cdot \overline{W2} \cdot$	$A1 \cdot \overline{B3} \cdot \overline{B5/2}$
B3/4 =	$\overline{A4} \cdot W4 \cdot$	$\overline{B1/4} \cdot A3$
B3/6 =	$\overline{A6} \cdot \overline{W4} \cdot$	$\overline{B1/4} \cdot A3 \cdot \overline{B5}$
B5/6 =	$\overline{A6} \cdot W6 \cdot$	$\overline{B3/6} \cdot A5$
B5/2 =	$\overline{A2} \cdot \overline{W6} \cdot$	$\overline{B1} \cdot \overline{B3/6} \cdot A5$

Lösung 4:
Bei Verwendung von Block-Flip-Flops arbeitet die Aktivierung nach obigem Muster, d.h. jedem Block wird ein Zeitimpuls zugeführt.
Für jeden Block ist ein separater Zeitimpuls erforderlich. Die Signalisierungseinrichtungen können dabei ihren natürlichen Platz beibehalten.

Die Übertragung der Lösungen in Schaltschemas möge in diesem Stadium dem Leser überlassen bleiben.

7.8 Steuerung einer doppelten Kreuzung mit variabler Verkehrsprogrammierung

Die Lösung dieses Problems wird im Gleisplan der Abb. 7.8.1 dargestellt. Die Numerierung ist einem realisierten Modell entnommen.

Wir wollen den Verkehr folgendermaßen regeln:

a) Zugarten und Anzahl:
XZg: 1 SZg: 3 MZg: 2 GZg: 2

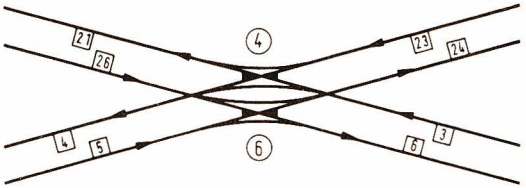


Abb. 7.8.1 Eine doppelte Kreuzungsweiche mit variabler Dienstregelung für Schnellzüge krönt die Arbeit zur verFEINerung des Verkehrs.

b) Verkehr:

3 (XG)	4
3 (S)	4 oder 21
5 (XG)	6
5 (S)	6 oder 24
23 (S)	4 oder 21
23 (M)	21
26 (S)	6 oder 24
26 (M)	24

c) Nummern und Stellungen der Weichen:
Die südliche Weiche trägt die Nummer 6 und die nördliche die Nummer 4. Die Weichenstellung wird für rechtsabbiegende Züge mit + und für linksabbiegende Züge mit – gekennzeichnet. Beide Weichen sind N-Weichen mit N für abbiegend. Bei normaler Weichenstellung heißt dies:
für Weiche 4: von B3 nach B4 und von B23 nach B21
für Weiche 6: von B5 nach B6 und von B26 nach B24

d) Der Weichenkomplex liegt in einer Bahnanlage, die mit einer anderen in Verbindung steht. Die Weichen ermöglichen einen Anschluß mit der U-Bahn, die zu einem hochgelegenen U-Bahnhof führt.

Bei dieser U-Bahn liegen vor den Blöcken:
21 – 22 – 23 Richtung West
24 – 25 – 26 Richtung Ost

e) Die angesprochenen Blöcke bei N-Weichenstellung sind daher:

Richtung	Vorblock	Folgeblock
West	3 23	4 21
Ost	5 26	6 24

Für X- und G-Züge gilt, daß diese immer einer N-Weichenstellung folgen. Sie bleiben also immer im Hauptbereich.

M-Züge fahren immer auf dem U-Bahn-Gleis. Auch diese Züge folgen daher der N-Weichenstellung.
Für S-Züge gelten drei Alternativen:

a) S-Zge überfahren die Weichen geradeaus und gelangen von den Hauptgleisen auf U-Bahn-Gleise.

b) S-Zge überfahren die Weichen wechselweise, was nur für diese Züge gilt.

c) S-Zge überfahren die Weichen nach der indifferenten Steuerung; sie fahren in die leeren Blöcke hinter der Weiche ein. Dabei erhält das Hauptgleis Priorität, damit Verkehrsstaus auf dem U-Bahn-Gleis nicht entstehen können.

Schließlich wird eine FEIN-Verkehrsregelung gefordert, so daß sich die Züge gegenseitig in ihrer Bewegung möglichst wenig behindern. Da dies den y-Block ausschließt, muß für die Sicherheit durch Signaländerungen mit Abfahrt-Flip-Flops gesorgt werden. Die Blockaktivierung ist folgendermaßen:

	Q		VR			
	A	W	3	23	5	26
B3/4	$\overline{A4}$ ·	$\overline{W4}$ ·	A3 ·	$\overline{B23}$ ·	$\overline{B5/24}$ ·	$\overline{B26}$
B3/21	$\overline{A21}$ ·	W4 ·	A3 ·	$\overline{B23}$ ·	$\overline{B5/24}$ ·	$\overline{B26/24}$
B23/4	$\overline{A4}$ ·	W4 ·	$\overline{B3}$ ·	A23 ·		$\overline{B26}$
B23/21	$\overline{A21}$ ·	$\overline{W4}$ ·	$\overline{B3}$ ·	A23		
B5/6	$\overline{A6}$ ·	$\overline{W6}$ ·			A5 ·	$\overline{B26}$
B5/24	$\overline{A24}$ ·	W6 ·	$\overline{B3}$ ·		A5 ·	$\overline{B26}$
B26/6	$\overline{A6}$ ·	W6 ·	$\overline{B3/4}$ ·	$\overline{B23/4}$ ·	$\overline{B5}$ ·	A26
B26/24	$\overline{A24}$ ·	$\overline{W6}$ ·	$\overline{B3}$ ·	$\overline{B23/4}$ ·	$\overline{B5}$ ·	A26

Die Realisierung dieser Formeln in einer Schaltung, die auch frühere Anforderungen berücksichtigt, erfordert eine nähere Erklärung. Ein Schaltbild für die nach Osten führenden Gleise – also die Hälfte des Schaltbildes für beide Richtungen – ist in *Abb. 7.8.2* abgebildet.

Wir unterteilen dieses Schema in zwei Bereiche, einen für Block 5 und einen für Block 26. Damit die Beschreibung übersichtlicher wird, haben wir in der Abbildung 14 Zahlen mit Kreisen markiert. Jeder Kreis kennzeichnet eine Funktion eines Schaltungsbereiches nach folgender Übersicht:

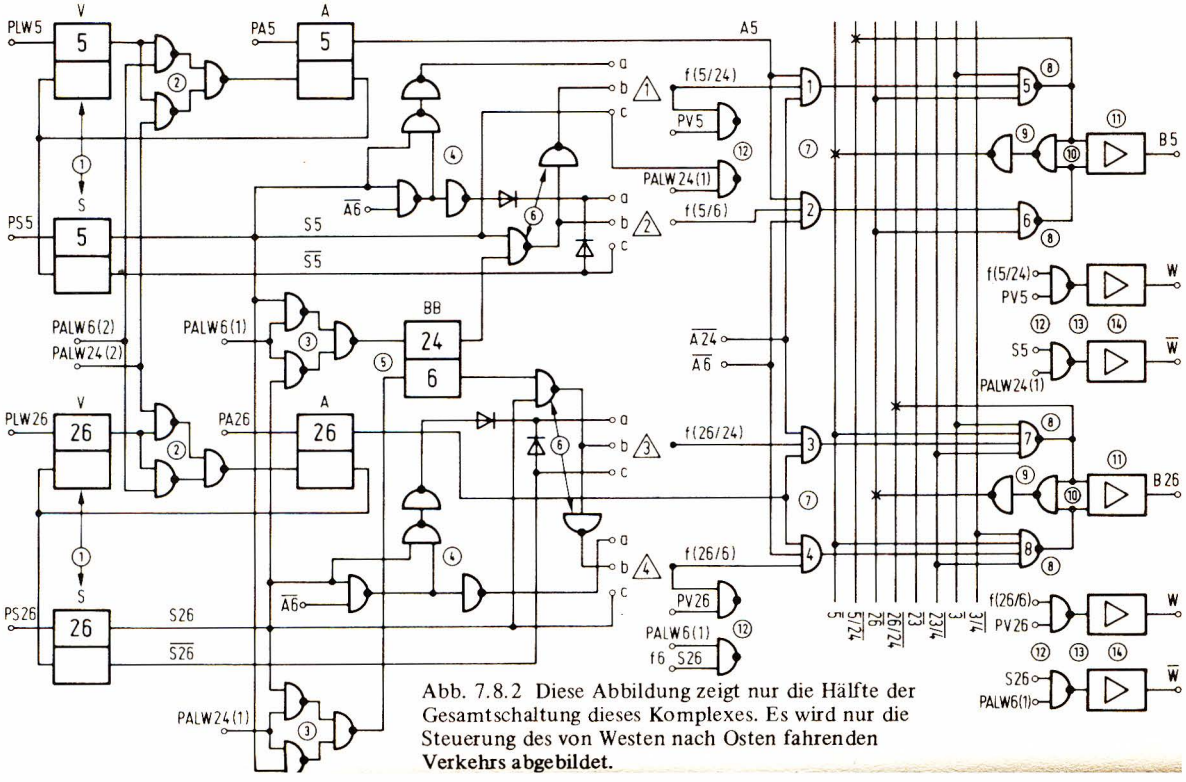


Abb. 7.8.2 Diese Abbildung zeigt nur die Hälfte der Gesamtschaltung dieses Komplexes. Es wird nur die Steuerung des von Westen nach Osten fahrenden Verkehrs abgebildet.

1 Schaltung mit einem S-FF und einem V-FF;
2 Bildung von PLW aus PALW und V;
3 Festlegung des Zielblockes für SZge wechselweise;
4 indifferente Steuerung der SZge mit Vorzug für Hauptgleis;
5 Flip-Flop für Bestimmungsblock;
6 wechselweise Steuerung für den SZg;
7 Zusammenstellung der Bahnbedingungen;
8 Zusammenstellung des primären Vorrangs;
9 Bildung von $\overline{Bx}$;
10 Puffer zur Blockaktivierung;
11 Blockverstärker in Wired-Or-Technik;
12 Steuerung der Weichen;
13 Puffer für die Weichenverstärker;
14 Weichenverstärker (doppelt gezeichnet).

Erläuterungen zu diesen Funktionen:

Funktion 1:
Für den SZg-Verkehr muß der Vektor S bekannt sein und zu Verfügung stehen. Zur Ansteuerung der Weichen ist PV erforderlich. Außerdem ist zur Signalbeeinflussung ein V-FF erforderlich. Diese beiden FFs werden für einen Block auf der Printplatte 7440 als Funktion 1 realisiert.

Funktion 2:
Die PALW-Signale gelten für das Rücksetzen der A-FFs beider Vorblöcke, abhängig vom eingelesenen V-FF. Wird der invertierende Ausgang des A-FF an andere Gatter, als die hier gezeichneten S- und V-FFs angeschlossen, so ist in die Verbindung zwischen A-FF und den beiden genannten anderen FFs ein Kondensator von 10 μF aufzunehmen.

Funktion 3:
Durch PALW-Signale wird hier die neue Bestimmung für die SZge bestimmt. PALW6 bestimmt BB24 und umgekehrt. Es gibt zwei Signale PALW. Grund ist folgender: Mit einem PALW wird PLW gebildet, so daß S und V entfallen. Für die Funktionen 3 und 12 ist die unveränderte Konstellation dieser FFs noch erforderlich. Daher führen wir zunächst Funktion 3 und 12 mit PALW (1) aus, die in beiden Ausfahrtgleisen realisiert wird, wonach das A-FF durch einen zweiten PALW (2), der kurz nach PALW (1) folgt, zurückgesetzt wird. Hier liegen also zwei GS hintereinander am Bahnkörper.

Funktion 4:
Aus den Vektoren S5 und $\overline{A6}$ wird ein Vektor gebildet, der mit Kontakt a der untersten Kontaktserie zu verbinden ist. Wenn B6 leer

ist, wird dieser Vektor 1 für den Fall, daß in B5 ein SZg ist. Dieser Zug kann dann nach B6 weiterfahren, wenn der Schalter mit Kontakt a verbunden ist. Ist B6 dagegen besetzt, so wird der entsprechende Vektor 0; dann liegt der inverse logische Wert an Kontakt a des oberen Kontaktsatzes. Dieser Wert geht dann an das NAND 1. Ein Zug fährt durch, wenn B24 leer ist.

Geht es um einen anderen Zugtyp (also kein SZg), so muß dieser Typ aus B5 nach B6 fahren. In Stellung a des Schalters muß dann am unteren Kontakt a eine 1 erscheinen. Diese logische 1 kommt über eine Diode von $\overline{S5} = 1$.

Funktion 5:
Das Flip-Flop für den Zielblock ist aus NOR-Gattern aufgebaut. Da dieses Flip-Flop von Impulsen umgesetzt wird, die von einem Gatter stammen, können sonstige für A-FFs erforderliche Zusätze entfallen.

Funktion 6:
Hier wird die wechselweise Steuerung geregelt. Soll SZg5 nach B24, so ist die Kombination von S5 und BB24 0. Dieses Ergebnis liegt am Kontakt b des unteren Paketes; durch den Inverter wird daraus eine 1 am oberen Kontakt b, wo f (5/24) gebildet wird. Muß dieser Zug nach B6, so ist Vektor BB24 = 0, und unter dieser Bedingung liefert das unterste NAND eine 1 auf Kontakt b (unten). In beiden Fällen wird der Zug fahren, falls die Q-Bedingungen erfüllt sind. Für die Richtung 5/24 ist f (5/24) zu verwenden, um die Weiche umzuschalten. Dazu können Sie noch einiges in dem Abschnitt zu Funktion 12 lesen.

Funktion 7:
Diese Funktion berücksichtigt die Zusammenfassung der Q-Bedingungen. Dies sind nach Punkt 7.8 nur der freie Folgeblock und die Weichenstellung. Wir verfügen nicht über die Weichenvektoren, da die Weichen stufenweise umgeschaltet werden. Wir verwenden Typenvektoren. Es geht hier nur um den S-Typ, denn für die anderen Züge haben die Weichen immer die richtige Stellung. Die S-Vektoren sind verarbeitet in den drei Dienstregelungsschaltungen, die alle mit dem Drei-Positionen-Schalter verbunden sind. Die Angaben hierfür erhalten wir beispielsweise aus f (5/6). Diese Unterfunktion wird für *die* Fälle logisch 1, für die der Verkehr in die genannte Richtung fahren muß oder darf. Sie ist also als ein Typenvektor zu betrachten, der bei Blockansteuerung für die richtige Weichenstellung sorgt. Obwohl die positive Aktivierung als ein Bestandteil des Vorrangs betrachtet wird, ist sie jedoch mit den Q-Vektoren vereinigt, damit die vorhandenen Gatter richtig eingesetzt werden.

Funktion 8:
Der aus der Funktion 7 resultierende Summenvektor wird hier kombiniert mit den blockierenden Vektoren, die schließlich den endgültigen Steuervektor bilden. Diese blockierenden Vektoren werden aus den vielen parallelen Leitungen entnommen. Durch ein Kreuz wird gekennzeichnet, welche Zuleitung das Signal einspeist. Die Entnahme der Signale erfolgt nach der obigen Tabelle.

Funktion 9:
Die Vektoren zur Blockierung folgen einem einfachen Schema. Wir benötigen viermal den kompletten Steuervektor $\overline{Bx}$ und viermal einen Teilvektor $\overline{Bx/p}$. Letzteren können wir immer direkt der Funktion 8 entnehmen, z.B. $\overline{B5/24}$. Die Vektoren liegen nicht in der erforderlichen Form vor, so daß sie nach Funktion 9 erzeugt werden müssen.

Funktion 10:
Dies sind die erforderlichen Puffer, die hier nicht gezeichnet sind und in Wired-Or-Technik realisiert werden.

Funktion 11:
Dies sind die Blockverstärker.

Funktion 12:
Ein Umschalten der Weichen ist nur dann zulässig, wenn die Unterfunktion f (5/24) und die übrigen Vektoren 1 sind. Für *den* Fall wird bei Funktion 12 der Steuervektor vor der Umschaltung entstehen. Nach dem Wechsel setzt PALW in Kombination mit dem S-Vektor die Weiche wieder zurück in N-Stellung.

Funktion 13:
Diese Funktion beinhaltet die Puffer für die Weichenverstärker. Der Übersichtlichkeit wegen sind diese Verstärker zweimal gezeichnet worden. Die Puffer des oberen und unteren Zweiges in der Zeichnung, die mit demselben Verstärker korrespondieren, müssen in Wired-Or-Technik zusammengefügt werden.

Funktion 14:
Dies sind die Weichenverstärker.

Die oben besprochenen Bahnhöfe sind mit y-Blöcken ausgestattet. Es bleibt dem Leser vorbehalten, die in diesem Artikel erworbenen Kenntnisse anzuwenden und nach eigenen Überlegungen Verbesserungen anzubringen.

8 Eine vollautomatische Modelleisenbahn

8.1 Einleitung

Bei dem von uns angestrebten Ideal werden sich nach dem START-Signal alle Züge in Bewegung setzen und ohne Komplikationen fahren und nach Betätigung mit der STOP-Taste wieder geordnet zum Stillstand kommen.

Ein geregeltes Halten ist Voraussetzung für den nächsten geregelten Start.

Bevor sich ein Zug in Bewegung setzt, muß die Registrierung der Bahn (Blöcke und Weichenstellungen) mit der Wirklichkeit übereinstimmen.

Es gibt zwei Methoden dies zu erreichen:

a) Wir stellen sicher, daß die Züge nach Beendigung ihrer Fart immer auf einem angewiesenen Platz zum Stillstand kommen, oder

b) wir registrieren die Standorte der Züge, wenn diese nicht an einer vorher angewiesenen Stelle halten.

Die Weichen liefern in diesem Zusammenhang keine Probleme.

Die feste Positionierung können wir auf zwei Arten organisieren:

a) Aufbau spezieller Abstellgleise;

b) Auswahl bestimmter Blöcke der Bahnanlage.

Das Ingangsetzen der Modelleisenbahn beinhaltet:

a) Einschalten der 220-V-Wechselspannung und damit der Versorgungsspannung für Logik und Weichenbedienung;

b) Setzen der Logik in die Ausgangsposition;

c) Einschalten des Fahrstroms.

8.2 Abstellgleise

Die Bundesbahn verfügt immer über ausreichend viele Abstellgleise, auf denen man Züge, die nicht (unmittelbar) für den Dienst erforderlich sind – z.B. außerhalb der Spitzenzeiten – abstellen kann, so daß die Gleise für den Zugverkehr freibleiben. Wir können solche Gleise auch aufbauen, wollen aber zu dieser Lösung einige Randbemerkungen machen:

a) Der Aufbau von Abstellgleisen erfordert Platz. Weil wir damit meistens sparsam sein müssen, ist diese Arbeitsweise nicht unbedingt empfehlenswert. Man kann diesen Gleisen eine Doppelfunktion geben. Ein Rangierbereich kann als ein Komplex Abstellgleise benutzt werden.

b) Bei der Modelleisenbahn ist die Situation günstiger, als bei ihrem großen Bruder. Wir können hier den gesamten Betrieb stillegen, was bei der Bundesbahn unmöglich ist. Wir können daher ohne Schwierigkeiten Züge am Bahnsteig oder auf freier Strecke stehenlassen, so daß Abstellgleise dann nicht oder kaum erforderlich sind.

Wenn wir nun doch beschließen, Abstellgleise aufzubauen – wenn auch nur für einen Teil der Züge – so hängt die Geometrie stark von der zur Verfügung stehenden Fläche ab. Wir können Abstellgleise auf zwei Arten realisieren:

a) endende Gleise;

b) nichtendende Gleise.

Bei endenden Gleisen ist natürlich ein Rückwärtsfahren des einfahrenden bzw. ausfahrenden Zuges erforderlich. Die Bewegungen sind durch den Transformator zu steuern. Als Beispiel einer Anlage mit Abstellgleisen wird die *Abb. 8.2.1* gezeigt. Wir erkennen hier:

a) ein Auffanggleis

b) einen Ausgangsblock

c) Abstellgleise

Die Weiche für das Auffanggleis ist eine N-Weiche, die gesteuert wird nach der Formel:

$$\overline{W} = PW \cdot \overline{A_{auf}}$$

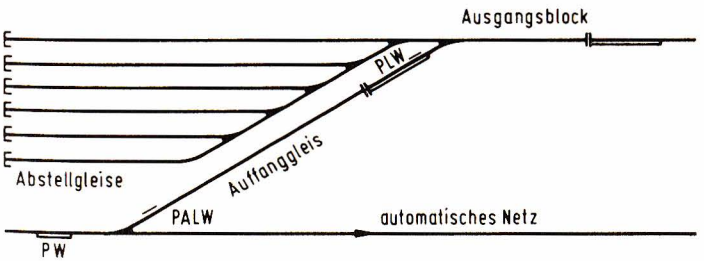


Abb. 8.2.1 Beispiel für die Anlage von Abstellgleisen. Das Rückwärtsfahren der Züge aus dem automatischen Netz und die Abfahrt aus den Abstellgleisen ist einfach.

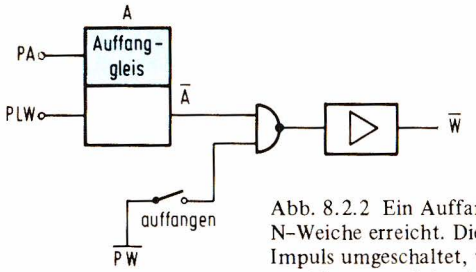


Abb. 8.2.2 Ein Auffanggleis wird über eine N-Weiche erreicht. Diese wird durch einen Impuls umgeschaltet, wenn der Schalter geschlossen und das Auffanggleis leer ist.

PW in dieser Formel ist ein Impuls Weiche, mit dem die Weiche umgeschaltet wird, wenn das Auffanggleis leer ist. Diese Schaltung arbeitet jedoch erst, nachdem wir mit einem Handschalter unsere Absicht, Züge aufzufangen, kenntlich gemacht haben.

Während der automatische Verkehr weiterrollt, wird jeweils ein Zug in ein Abstellgleis rangiert, sobald das Auffanggleis leer ist. Der Bereich ist vom automatischen Netz entkoppelt und steht unter Kontrolle eines Trafos. Eine Diode stellt sicher, daß bei falscher Bedienung des Trafos der Zug nicht rückwärts fährt. Der Teil zwischen den doppelten Linien wird handgesteuert. Nachdem der Zug auf das Auffanggleis gefahren ist, wird er sich bis vor oder in den Haltabschnitt des Ausgangsblocks bewegen. Den Haltabschnitt können wir auf zwei Arten ansteuern:

a) Der Haltabschnitt ist ständig mit dem Blockverstärker verbunden. In diesem Fall fällt eine Lok, die bis hierher durchfährt, nicht mehr in den Bereich der Handsteuerung. Sobald die Q- und VR-Bedingung erfüllt ist, wird der Zug von hier automatisch abfahren.

b) Der Haltabschnitt liegt über einen Umschalter an dem genannten Verstärker oder am Trafo. In diesem Fall können wir die Lok per Handsteuerung bis in den Haltabschnitt durchfahren lassen.

Die Abfahrt aus den Abstellgleisen erfolgt so: Jedes Gleis ist über einen Schalter mit dem Spannungsfeld des Trafos verbunden, so daß wir bestimmen können, welcher Zug abfahren muß. Wir schieben ihn mit der Hand in den Haltabschnitt, von wo aus sich der Computer seiner annimmt.

Abb. 8.2.3 zeigt eine Anlage mit nichtendenden Abstellgleisen. Diese Lösung erfordert i.a. die größte Fläche. Zum Auffangen können wir uns verschiedene Lösungen überlegen, was aber dem Leser überlassen bleiben soll.

Die Abfahrt kann automatisch erfolgen.

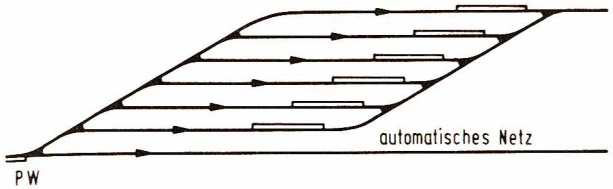


Abb. 8.2.3 Ein Beispiel nichtendender Abstellgleise. Die Einfahrt und die Abfahrt kann hier automatisch geregelt werden.

Bis jetzt ist noch eine Frage offen geblieben: „Wie bringen wir alle FFs vor Anlaufen des Programms in die richtige Ausgangsposition?"

Wir bedienen uns dazu eines Drucktasters. Dieser Taster ist mit der Logik-Versorgungsspannung von + 5 V und über die Dioden mit den verschiedenen FF-Eingängen verbunden. Damit können wir durch Tastendruck jedes FF in die gewünschte Lage bringen. Wir simulieren mit dem Taster PA und PLW.

Die einzige Bedingung ist, daß alle Blöcke, deren FF-Ausgänge logisch 1 führen, tatsächlich besetzt sind, und daß alle Blöcke, deren FF-Ausgänge 0 führen, tatsächlich leer sind. Diese Bedingung ist also beim Abschalten der Anlage zu erfüllen. Die Weiche am Eingang der Abstellgleise ist eine N-Weiche, die nur nach der Entscheidung des Abstellens bedient wird. Da die Zungen jederzeit eine bekannte Richtung einnehmen, ist der Aufwand nicht groß, das Weichen-FF, falls vorhanden, entsprechend anzusteuern.

8.3 Abstellen in ausgewählten Blöcken

Wegen der automatischen Blocksicherung ist es möglich, Züge in einer Serie von Blöcken hintereinander zum Stillstand zu bringen, in dem einfach der vorderste Block künstlich „besetzt" wird. Dieses Signal wird wieder mit einem Taster gegeben.

Es ist ziemlich einfach, in der Anlage hierfür einen geeigneten Block zu finden. In einem von uns gebauten Modell stehen sechs Züge in einer doppelgleisigen Kehrschleife; in jeder Schleife also drei. Diese Gleise werden durch eine bündelnde Weiche vereinigt. Alle Züge aus dieser doppelten Schleife müssen daher über die Weiche zu einem Folgeblock fahren. Definiert man den Folgeblock als besetzt, so bleiben alle Züge in

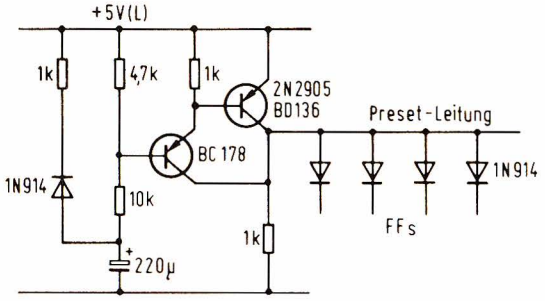


Abb. 8.3.1 Das Setzen aller FFs in ihre Ausgangsposition erfolgt automatisch beim Einschalten der Logikversorgungsspannung durch obige Schaltung. Es entsteht ein langer Impuls auf der Preset-Leitung, die mit den entsprechenden Eingängen der Flip-Flops über Dioden verbunden wird. Damit erhalten die FFs einen Zustand, der von den Zugpositionen abhängt. Am Ende des Betriebsablaufs müssen die Züge zu diesem Zweck die vorgesehenen Positionen einnehmen.

der Schleife stehen. Bei Wiederaufnahme des Betriebs sind damit die sechs Blöcke besetzt.

Es ist dann wieder einfach, durch Betätigen des Tasters die A-FFs auf 1 und den Rest auf 0 zu setzen. Bei einem vollautomatischen Betrieb ist allerdings ein mehrfaches Tasten lästig. Darauf kann verzichtet werden, wenn wir die Schaltung nach *Abb. 8.3.1* einführen. Während des Einschaltens der 220-V-Wechselspannung erzeugt diese Schaltung auf der Preset-Leitung einen Impuls von etwa einer Sekunde Dauer. Dieser 5-V-Impuls setzt alle FFs in die richtige Position. Die Preset-Leitung wird über Dioden mit den entsprechenden FF-Eingängen verbunden.

8.4 Abstellen in beliebigen Blöcken

Wir verlangen noch mehr von unserer Anlage. Wir wollen nun, daß alle Züge bei STOP in dem Block, in dem sie sich befinden, zum Stillstand kommen und trotzdem den Betrieb wieder aufnehmen. Es geht also nicht um eine kurze Unterbrechung, bei der die Versorgungsspannung eingeschaltet bleibt, sondern um das Abschalten der gesamten Anlage.

Damit dieses Ziel erreicht wird, muß die Verbindung zwischen Blockverstärker und Haltabschnitt eines jeden Blockes unterbrochen werden, *so daß alle Züge in den Haltabschnitten zum Stillstand kommen.* An dieser letzten Bedingung wollen wir nicht rütteln, obwohl für ein Halten der Züge in willkürlichen Bereichen außerhalb der Haltabschnitte auch Lösungen zu finden sind. Wir können aber auch unser Ziel erreichen, ohne eine große Anzahl von Schaltern und ganze Rollen Drähte verarbeiten zu müssen. Was hindert uns daran, wieder eine Lösung auf elektronische Weise zu finden? Was wir benötigen, ist ein Taster, mit dem alle A-FFs auf 1 gesetzt werden. Natürlich ist auch hierfür eine gewisse Verdrahtung erforderlich; die Technik ist aber einfach.

Für Ax = 1 in allen Blöcken kommt jeder Zug in seinem Block zum Stillstand. Nun entsteht die Frage, wie die Flip-Flops in ihre Ausgangsposition gebracht werden, wenn der Betrieb aufgenommen wird. Mit der Preset-Leitung können wir alle FFs auf 0 setzen; das stimmt aber nicht mit der Wirklichkeit überein, denn die A-FFs in den besetzten Blöcken dürfen nicht 0 werden. Das ist aber auch die einzige Bedingung, die wir einhalten müssen. Das tun wir mit der entsprechenden Schaltung (*Abb. 8.4.1*).

Wir wenden zwei kleine Kunstgriffe an: Dazu bedienen wir uns einer Germaniumdiode und des Motors der stillstehenden Lokomotive. Der Widerstand eines stillstehenden Motors ist etwa 30 . . . 40 Ω
Er bildet eine niederohmige Verbindung zwischen der rechten und der linken Schiene des Haltabschnittes. Durch die gezeigte Schaltung entsteht eine Widerstandbrücke zwischen 5 V (L) und Masse über einen Widerstand von 2,2 kΩ, die Germaniumdiode und den Motorwiderstand. Infolgedessen erhält der Punkt A ein Potential von ca. 0,5 V. Das NAND-Gatter erkennt dies als logische 0 und meldet es als logische 1 an den

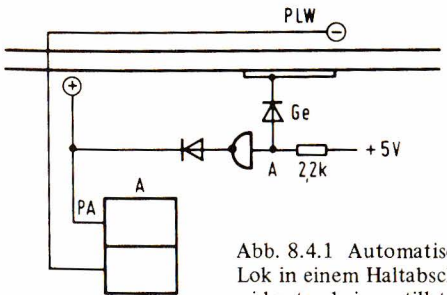


Abb. 8.4.1 Automatische Registrierung einer Lok in einem Haltabschnitt. Der geringe Innenwiderstand einer stillstehenden Lok wird hier verwendet, um das A-FF einzulesen.

Eingang des A-FF weiter, das 1 wird. Wenn der Haltabschnitt verlassen ist, steigt das Potential von A auf 5 V an, was an das FF als 0 weitergegeben wird.

Wir verwenden zwei Germaniumdioden. Die Schwellenspannung dieses Typs ist nur 0,3 V. Der Spannungsabfall zum Haltabschnitt darf nicht viel höher werden, weil sonst der logisch-0-Pegel undefiniert ist. Wegen der höheren Schwellenspannung von Siliziumdioden (0,7 V) sind diese hierfür nicht geeignet.

Eine zweite Diode ist erforderlich, damit das Originalsignal PA wirksam wird. Der Ausgang des NANDs liegt bei etwa 0 V. Das Signal PA würde unter normalen Umständen kurzgeschlossen werden. Die Diode verhindert dies. Hierfür könnten wir eine Siliziumdiode verwenden.

Ein anderes Verfahren zur automatischen Registrierung ist durch den Einsatz von Fotowiderständen (LDR) möglich. Durch Aufbau einer Lichtquelle und eines LDR unter einem Winkel von 45° bezogen auf die Schienen wird sichergestellt, daß die Lichtquelle nicht zwischen zwei Waggons hindurchscheinen kann.

Wegen des sehr hohen Widerstandes von mehr als 1 MΩ wird der PA-Eingang bei unbeleuchtetem LDR etwa 5 V. Nachdem die Lichtquelle eingeschaltet wurde und die Versorgungsspannung anliegt, wird der Ausgang des FF automatisch 1, falls ein Zug im Block steht. Die Preset-

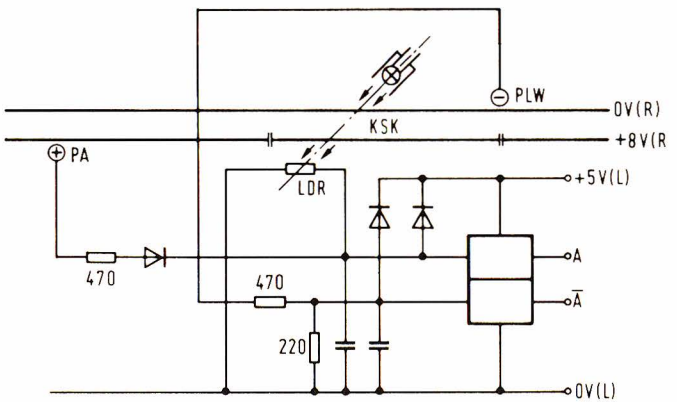


Abb. 8.4.2 Eine automatische Registrierung kann auch erfolgen, indem man den Haltabschnitt mit einem Lichtstrahl in Kombination mit einem LDR überwacht. Wegen des hohen Dunkelwiderstandes des LDR, wird der Ausgang des FF 1, wenn der Haltabschnitt besetzt ist.

Leitung will zwar das FF auf 0 setzen; das gelingt aber nicht, denn wegen des hohen Widerstandswertes des LDR dominiert der Vektor am nichtinvertierenden Eingang.

Wenn der Block leer ist, wird das FF 0. Der Widerstandswert des LDR ist dann, abhängig von der Beleuchtungsstärke, mit beispielsweise 200 Ω gering. Der PA-Eingang reagiert dann normal auf das PA-Signal, so daß das FF bereits 1 ist, wenn der Zug im Haltabschnitt ankommt.

Bei der Abfahrt wird der LDR nach Passieren des letzten Wagens wieder den geringen Wert annehmen. Dieser Übergang erfolgt sehr schnell. Sobald wieder Licht auf den LDR fällt, entfällt der Einfluß auf den nichtinvertierenden Eingang, und das FF kann durch PLW wieder 0 werden.

Die Nachteile dieses übrigens gut arbeitenden Verfahrens sind:

a) Aufbau von Lämpchen und Fotowiderständen entlang der Bahn einschließlich Kostenfaktor;

b) Energieverbrauch der Lämpchen;

c) die damit verbundene Beleuchtung entlang der Bahn.

Diesen Schwierigkeiten kann man sich kaum entziehen. Nur Punkt c kann u.U. durch Filtern des Lichts bzw. Einsatz von Infrarot-Bauelementen, entfallen.

Zum Filtern des Lichts haben wir die Enden von Diafilmen verwendet, die durch die Überbelichtung sehr lichtundurchlässig wurden.

Wir haben nun also unser Ziel erreicht: Wir haben eine vollautomatisierte Modelleisenbahn. Bei Einschalten der 220-V-Spannung wird die Elektronik in den Ausgangszustand versetzt, und alles entspricht der Realität. Um dies zu überprüfen, können wir Signale einführen, die uns über den Zustand der Flip-Flops informieren.

8.5 Signale entlang der Bahn

Der Schaltzustand der FFs kann einfach mit lichtemittierenden Dioden (LED) angezeigt werden. Die LED ist ein modernes Bauelement. Sie arbeitet wie eine normale Diode, ist also in einer Richtung stromdurchlässig, emittiert dabei aber Licht. Der Durchlaßstrom beträgt dabei 10 . . . 15 mA, so daß der Energieverlust gering ist. Der Widerstand ist gering, die Diode wird nicht warm, und die Intensität des Lichts hängt vom Strom ab. Wir müssen nur die Schwellenspannung berücksichtigen, die bei etwa 1 V liegt.

Da ein NOR-Gatter bei 0 am Eingang einen Strom von 16 mA aufnehmen kann, schalten wir eine solche LED zwischen + 5 V (L) und

den invertierten Ausgang des A-FF. Damit steht praktisch die gesamte Logikspannung zur Ansteuerung dieser Diode zur Verfügung. Der Strom muß allerdings auf 15 mA begrenzt werden, was durch einen Serienwiderstand von 270 . . . 330 Ω erfolgt.

LEDs leuchten in verschiedenen Farben; der älteste und billigste Typ liefert rotes Licht. Das kommt uns entgegen, denn bei Besetzen eines Blockes wünschen wir rotes Licht. Ordnen wir die LED am Beginn eines Blockes an, so verfügen wir über ein geeignetes Signal. Dieses Signal können wir um ein gelbes und ein grünes Signal erweitern. Gelb ist geeignet für ein Lichtvorsignal. Es zeigt dem Lokführer, daß der Block hinter dem durch das gelbe Signal markierten Block besetzt ist. Die Geschwindigkeit des Zuges ist auf ein zulässiges Maximum zu reduzieren, damit der Zug gegebenenfalls zum Stillstand gebracht werden kann, wenn das nächste Signal anzeigt, daß der folgende Block besetzt ist. Durch die Serienschaltung einer gelben und einer roten LED verfügen wir über eine Warnung.

Über die grüne LED kann man unterschiedlicher Meinung sein. Schalten wir eine solche LED als Gegenstück zu einer roten, so zeigt sie an, daß der Block leer ist. Im allgemeinen ist dagegen nichts einzuwenden.

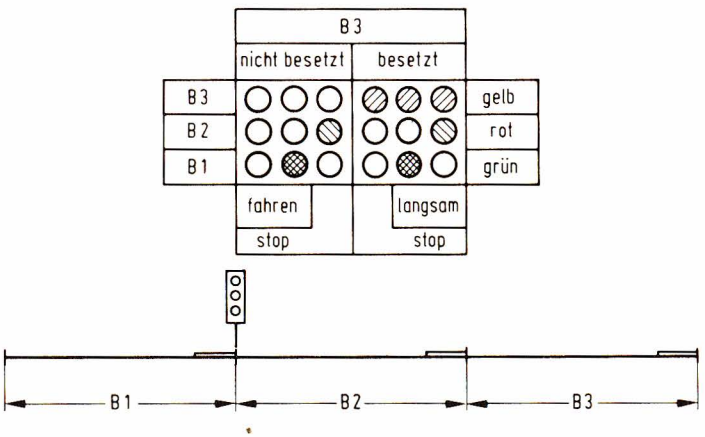


Abb. 8.5.1 Kombination von Lichtsignalen. Zu Beginn jedes Blockes des Netzes steht ein solcher Signalmast. B1, B2 und B3 deuten drei aufeinanderfolgende Blöcke an, wobei der Mast am Beginn des zweiten Blockes steht.

Da die grüne Farbe üblicherweise der Bedeutung entspricht, durchzufahren, muß mit dem Umgang grüner LEDs vorsichtig verfahren werden. Es kann sehr häufig vorkommen, daß der Folgeblock leer ist, daß aber trotzdem ein Abfahren des Zuges nicht zulässig ist, z.B. wenn GA noch nicht gegeben ist. Darum sollte die grüne LED besser als Zeichen definiert werden, daß der Zug abfahren darf – also Bx = 1. Dies wird erreicht, wenn die LED einfach über den Haltabschnitt geschaltet und aus der Fahrspannung versorgt wird. Der Serienwiderstand liegt etwa bei 470 Ω. Kombiniert man die Signale in einem Mast (wenn dagegen aus Maßstabsgründen nichts einzuwenden ist), so entsteht das Bild der *Abb. 8.5.1.*

Damit haben wir den Abschnitt der Automatisierung abgeschlossen. Wir wollen nun mit unseren Kenntnissen den Bahnhof Mittelstadt noch etwas erweitern.

9 Mittelstadt 2000

9.1 Erweiterung des Gleisplans

Der Bahnhof Mittelstadt wird wegen der gezeigten guten Dienste um einige Weichen erweitert, so daß er eine größere Bedeutung im nationalen und internationalen Verkehr erhält.

Den neuen Gleisplan zeigt *Abb. 9.1.2a.* Die Numerierung der Blöcke und Weichen ist in *Abb. 9.1.2b* dargestellt.

Der Bahnsteig ist wesentlich verlängert, so daß am Bahnsteig nun zwei verschiedene Züge gleichzeitig halten können. An den Eingängen finden wir zwei Kreuzungsweichen; des weiteren gibt es vier verzweigende und vier bündelnde Weichen. Am Ende von B4 und B1 2 gibt es noch einmal zwei Weichen; sie wurden aufgenommen, damit der Aufbau nicht oberflächlich erscheint. Bei automatischem Betrieb werden diese Weichen nicht bedient.

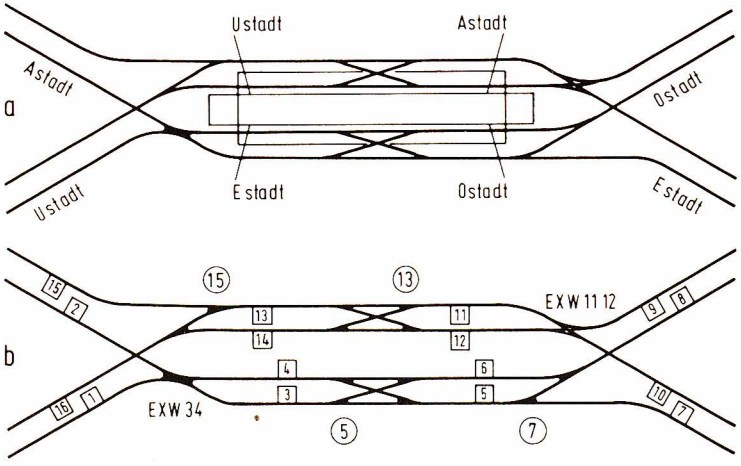


Abb. 9.1.2a/b Gleisplan in Mittelstadt für eine umfangreichere Dienstregelung.

Bei Verwendung der N-Spur wird der Bahnhof von Kreuzung zu Kreuzung etwa 3 m lang sein. Je länger die Anlage ist, um so vorteilhafter kommt die Schienenführung zum Ausdruck, so daß dieser Bahnhof zu einem Genuß für das Auge wird.

9.2 Bahnhofsorganisation

Auf dem Bahnhof werden feste Bereiche für Züge in bestimmte Zielrichtungen reserviert. *Abb. 9.1.2a* macht dies deutlich.

An der westlichen Seite des Bahnhofs befindet sich die Kreuzungsweiche EXW34; die ankommenden Züge aus Astadt und Ustadt werden über diese Weiche geleitet. Der Verkehr nach Estadt, der in Mittelstadt halten muß, wird über diese Weiche zum Bahnsteiggleis B4 geleitet. Die anderen Züge bleiben hinter der Weiche auf dem rechten Gleis (Block 3). Der Verkehr, der in Mittelstadt nicht halten muß, wird über dieses Gleis geleitet.

Bei Weiche 5N wird der Verkehr wieder aufgeteilt; die Personenzüge nach Ostadt müssen über die Weiche nach B6 fahren, während der andere Verkehr in Richtung B5 fährt.

Über die Kreuzung fahren inzwischen die Personenzüge für Estadt auf B4 wieder nach Block 5.

Der Verkehr in B5 muß dann bei Weiche 7N noch einmal auf die Blöcke 7 und 8 mit Ziel Estadt und Ostadt aufgeteilt werden. Der Bahnhof ist vollkommen symmetrisch angelegt, so daß die Erklärung der einen Hälfte ausreicht; wir wählen dafür den westlichen Teil.

9.3 Dienstregelung

Es gibt drei Zugtypen X, S und G mit je vier Zügen und folgender Dienstregelung:

Die vier XZge teilen wir in zwei Gruppen auf: Zwei Züge die in Mittelstadt halten und zwei die durchfahren.

XZg1	Richtung Estadt	Non-stop
XZg2	Richtung Ostadt	Non-stop
XZg3	Richtung Estadt	Stop
XZg4	Richtung Ostadt	Stop

Die SZge halten alle in Mittelstadt. Zwei fahren nach Estadt und zwei nach Ostadt.

Die GZge halten nicht auf diesem Bahnhof. Zwei fahren nach Estadt und zwei nach Ostadt.

9.4 Identifizierung

Zur Realisierung dieser Dienstregelung müssen die Züge in den Blöcken 1 und 2 identifiziert werden. Nach dem universellen IF-System unterscheiden wir die folgenden Zug*typen*:

XZg 0 0 x x
GZg 0 1 x x
SZg 1 0 x x

Da alle Zugtypen nach Estadt oder Ostadt fahren, unterscheiden wir diese Richtungen nach der binären Darstellung, nämlich:

Estadt 0
Ostadt 1

Von den XZge müssen zwei in Mittelstadt halten. Sie unterscheiden sich vom Rest der Züge durch die dritte Stelle, so daß die vollständige Identifizierung dieser Züge lautet:

XZg1	0 0 0 0	Estadt Non-stop
XZg2	0 0 0 1	Ostadt Non-stop
XZg3	0 0 1 0	Estadt stop
XZg4	0 0 1 1	Ostadt stop

9.5 Organisation der Identifizierung

Die IF in B1 und B2 muß unterscheiden zwischen:

a) Personenzügen nach Estadt
b) übrigen Zügen

Die Identitäten dieser Personenzüge sind:

0 0 1 0 und 1 0 x 0

Da die Identifizierung universell ist, sind die zu treffenden Maßnahmen in B1 und B2 gleich. Wir bauen daher in beiden Blöcken vier Glasschalter und vier Flip-Flops auf. Die Ausgänge der Flip-Flops verbinden wir mit NAND-Gattern nach *Abb. 9.5.1.*

Der Ausgang des letzten NAND liefert eine 1, wenn einer der zu identifizierenden Züge in einem der beiden Blöcke ankommt. Diese Tatsache steht uns für die weitere Block- und Weichenansteuerung zur Verfügung.

Die Identifizierung in B1 und B2 kann auch zur Regelung der Personenzüge nach Ostadt eingesetzt werden. Dazu schließen wir noch zwei NANDs pro Block nach folgender Codierung an:

0 0 1 1 und 1 0 x 1

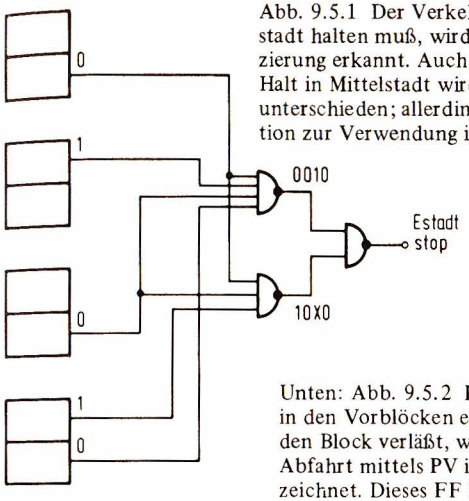
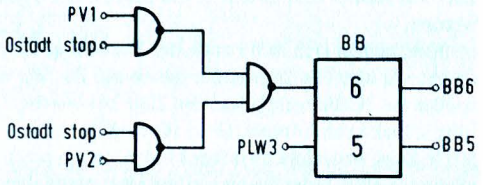


Abb. 9.5.1 Der Verkehr für E, der in Mittelstadt halten muß, wird mit Hilfe der Identifizierung erkannt. Auch der Verkehr für 0 mit Halt in Mittelstadt wird durch B1 und B2 unterschieden; allerdings muß diese Information zur Verwendung in B3 gespeichert werden.

Unten: Abb. 9.5.2 Da die Identifizierung in den Vorblöcken entfällt, wenn der Zug den Block verläßt, wird diese während der Abfahrt mittels PV in einem FF gekennzeichnet. Dieses FF heißt Zielblock-Flip-Flop, kurz BB-FF. In diesem Fall erhält es die Abkürzung BB5/6 - FF.



Wenn Züge mit dieser Kennzeichnung in B1 oder B2 einfahren, wird ebenfalls eine 1 abgegeben. Dann entsteht aber eine Schwierigkeit: Die Angaben zur Identifizierung fallen weg, wenn ein Zug B1 oder B2 verläßt, denn die IF-FFs werden durch PLW1 oder PLW2 auf 0 gesetzt. Wir können also über diese Angaben nicht mehr verfügen, wenn die entsprechenden Züge B1 oder B2 verlassen haben. Mit anderen Worten: Wir müssen diese Angaben abspeichern, d.h. einem FF anvertrauen, bevor der Zug B1 oder B2 verläßt. Mit PV im entsprechenden Block übertragen wir die Information auf ein neues FF. Wir nennen es Blockbestimmungs-Flip-Flop (BB-FF). Die Nummer ist in diesem Fall BB5/6-FF. Es gibt nur ein solches Flip-Flop – gültig für B3. Nach dem in *Abb. 9.5.2* dargestellten Verfahren registrieren wir also nur *die* Angaben, die der in B3

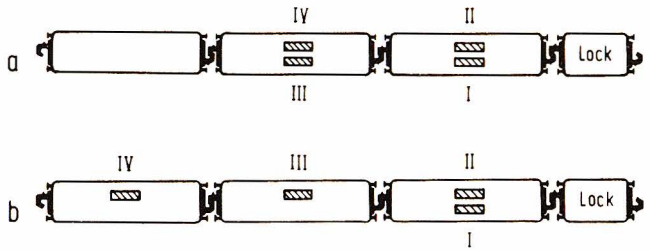


Abb. 9.5.3 Mögliche Anordnung von Magneten in Zügen.

einfahrende Zug selbst in einem der Vorblöcke erzeugt hat. Dieses BB-FF wird durch PLW3 wieder auf 0 gesetzt. Sobald ein Zug aus B1 oder B2 abfährt, entsteht PV1 bzw. PV2. Das weitere Geschehen hängt davon ab, was IF in den Blöcken registriert hat.

Auf jeden Fall wird die freie Weiche EXW34 in die entsprechende Lage geschaltet, abhängig davon, aus welchem Block der Zug abfährt und welches der Zielblock ist. Bei einem Personenzug für Ostadt wird das BB5/6-FF eingelesen. Wir haben also erreicht, daß alle ankommenden Züge aus Astadt und Ostadt in die Blöcke B3, B4, B5 und B6 geschickt werden.

Nun meldet sich in B5 auch der Verkehr aus B4 an. In diesem Block finden wir also alle Züge außer denen aus B6. Wir müssen dann in B5 wieder auf IF übergehen, um die Züge bei Weiche 7N in die richtige Richtung schicken zu können. IF in Block 5 ist einfach. Es geht nur um die letzte Zahl, was nicht ausschließt, daß wir an einen Transistorschalter gebunden sind, jedenfalls wenn die Magnete in den Zügen nach *Abb. 9.5.3a* angeordnet sind. Dieses Verfahren ist üblich, denn für automatisches Steuern ist Systematik Gold wert.

Wir können aber auch die Magnete nach *Abb. 9.5.3b* anordnen, wenn die Konstellation der Bahn dies zuläßt. Dann kann der GS für den Ostadt-Magneten (I) ohne weiteres an fünf oder acht Volt gelegt werden.

Wird IF durch zwei mechanische und zwei Glasschalter ausgeführt, kann der Transistorschalter überall entfallen.

9.6 Aktivierung von Blöcken und Weichen

Wir werden in diesem Artikel zunächst nur die Q-Vektoren pro Block betrachten. Die Vorrangschaltungen werden dann im nächsten Artikel

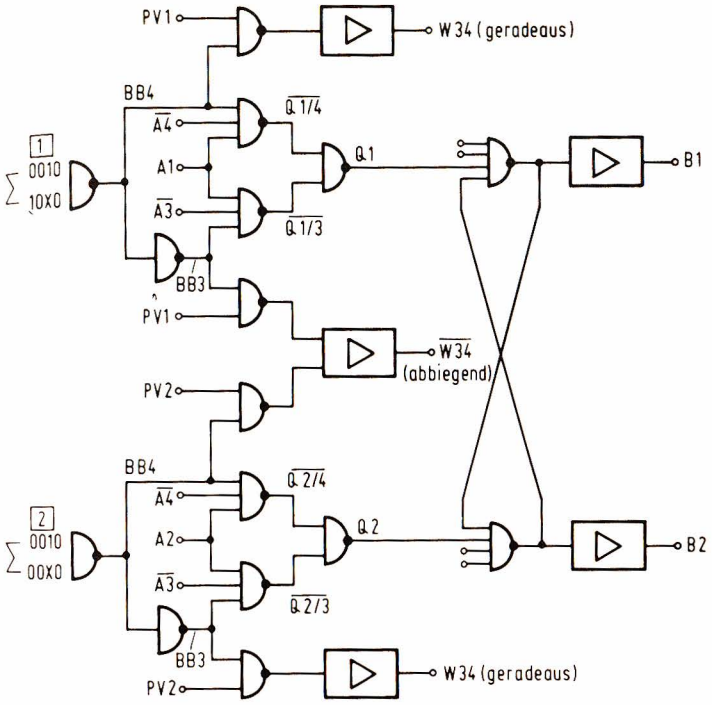


Abb. 9.6.1 Die Aktivierung der Blöcke 1 und 2 der Weiche EXW34 basiert auf den BB-Vektoren. Der obere und der untere Weichenverstärker sind im Wesen identisch. Die Puffer hierfür müssen in Wired-Or-Schaltung miteinander verbunden werden, wie dies durch den W34-Verstärker angegeben ist.

beschrieben. *Abb. 9.6.1* zeigt das Schaltbild der Blockaktivierung für B1 und B2 und die Ansteuerung der Kreuzungsweiche.

Durch IF verfügen wir nun über die Information Zielblock. Kombiniert man immer den Leervektor des BB hiermit, entsteht ein sehr einfacher logischer Aufbau der Aktivierungen. Hinzu kommt die Aussage: Was nicht nach B4 muß, muß nach B3. Daher gilt: BB3 = $\overline{BB4}$. *Abb. 9.6.1* zeigt das Schaltbild. Die Personenzüge liefern die Information, die an das Eingangs-NAND eine 1 abgibt. Diesen Vektor verwenden wir direkt zur

Kombination mit $\overline{A4}$, wodurch Q1/4 in inverser Form entsteht, also $\overline{Q1/4}$. Durch Invertieren des Vektors des Eingangs-NAND verfügen wir über den Vektor BB3, der mit $\overline{A3}$ für $\overline{Q1/3}$ sorgt. Diese Resultate vereinigen wir in einer ODER-Schaltung und erhalten damit den Vektor Q1, der 1 ist. Für ein brauchbares Steuersignal für den Verstärker B1 invertieren wir diesen noch einmal. Hier bietet sich wieder eine ROU-Kopplung mit B2 an; darüber später mehr.

Die BB-Vektoren formen wir mit PV-Impulsen um zu Steuersignalen für beide Weichenverstärker. EXW34 ist eine freie Weiche, die immer angesteuert werden muß, was auf die angegebene Weise erfolgt. Es gibt nur zwei Verstärker, einen für abbiegenden (Null) und einen für geradeausfahrenden (Eins) Verkehr. Der haltende Verkehr für Estadt aus den Blöcken B1 und B2 muß diese Weiche in verschiedenen Stellungen passieren. Der Verkehr aus B1 überfährt sie geradeaus nach B4; der Verkehr aus B2 muß abbiegen. Die bezüglich des Zielortes miteinander übereinstimmenden Steuersignale in B1 und B2 steuern daher verschiedene Verstärker an.

Die Aktivierung von B3 ist nun einfach geworden. Das BB-FF gibt an, wohin der Verkehr fließen muß. Die Kombination mit den Leervektoren zeigt *Abb. 9.6.2.*

In B4 finden wir wieder GA, denn hier wird gehalten. Was dieser Halt hervorruft, lassen wir offen. Für Q ist nur $\overline{A5}$ in diesem Block erforderlich.

Die Weiche 5N wird mit (PV3 · BB6) umgesetzt und mit ARS zurückgesetzt.

In B5 werden die Züge sortiert und durch BB-FF7/8 registriert. Dieses Flip-Flop wird durch die Züge aus Ostadt eingelesen, so daß diese Züge das Flip-Flop auch wieder zurücksetzen müssen. Das ist mit PLW5/8 möglich. Sollte ein Abfahrt-Flip-Flop hier nicht erforderlich sein (siehe Artikel 9.7), so ist auch ein PALW möglich.

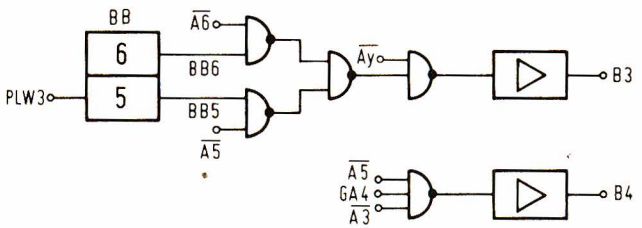


Abb. 9.6.2 Die einfachste Form der Aktivierung entsteht durch die Kombination des Signals des Bestimmungsblocks mit dem Leersignal.

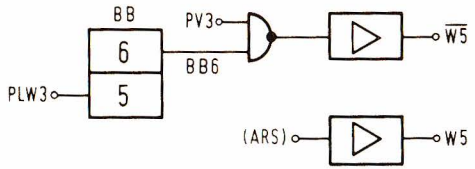


Abb. 9.6.3 Die Weichenbedienung der Weiche 5N ist ebenfalls durch den BB-Vektor ausgedrückt.

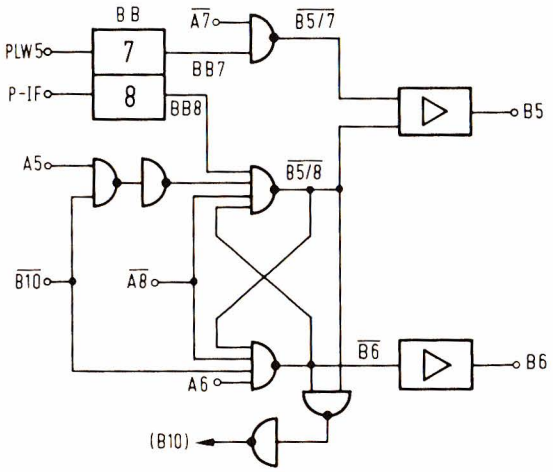


Abb. 9.6.4 Die Blöcke B5, B6 und B10 sind untereinander vollständig durch ROU gekoppelt.

9.7 Vorrang und dessen Handhabung

Zwischen B1 und B2 verwenden wir ein ROU. Ein y-Block ist dazwischen nicht erforderlich, falls:

a) PLW–GS kurz vor EXW angeordnet werden;

b) die Folgeblöcke lang genug sind, um alle Zuglängen aufzunehmen;

c) die Haltabschnitte in B1 und B2 auf längerem Abstand als üblich vor den Weichen enden.

In B2 ist dies sicher der Fall, weil hier die Blöcke B13/16 und B14 berücksichtigt werden müssen. Diese kreuzen das Gleis aus B2, was besondere Anforderungen stellt.

Die Situation hier entspricht der der anderen Bahnhofsseite zwischen B5/8, B6 und B10. Diesen Fall wollen wir besprechen. Zwischen diesen drei Blöcken wird eine vollständige ROU-Kopplung angewendet. Jeder Block blockiert also die beiden anderen. Auch hier kann durch Verschieben der Signale der Vorrang berücksichtigt werden. Für B10 ist dies kein Problem, jedoch für B5/8 und B6 muß der PLW–GS vor der bündelnden Weiche liegen. Das trifft für eine gewisse Entfernung von der Kreuzung mit B10 zu. Man läßt den Haltabschnitt in diesem Block in größerem Abstand vor der Kreuzung enden. Mit beiden PLW-Signalen in den Blöcken B5/8 und B6 muß dann jeweils PA8 geliefert werden. Sollte diese Vorgehensweise nicht gelingen, wäre ein Abfahrt-FF oder ein y-Block einzuschalten.

Die Kreuzung zwischen B3, B4, B5 und B6 kann einfach gesichert werden. Zwischen B3 und B4 gilt B3 DOM B4. Solange A3 = 1 ist, kann kein Zg4 fahren.

PLW3 ist an zwei Stellen abzugeben; einmal hinter der Kreuzung vor PLW3 und PA6 und zum anderen am Gleis B3/5 zwischen beiden Weichen, ebenfalls vor PLW3 und – in diesem Fall – PA5. Um Zg4 zu sichern, ist ein y-Block erforderlich, der durch PV4 angesteuert wird.

Die Blockierungen werden im folgenden aufgezählt:

Block	blockiert	durch Vektor
B1	B2	$\overline{B1}$
B2	B1	$\overline{B2}$
	B13/16	$\overline{B2}$
	B14	$\overline{B2}$
B3	B4	$\overline{A3}$
B4	B3	$\overline{Ay}$
B5/8	B6	$\overline{B5/8}$
	B10	$\overline{B5/8}$
B6	B5/8	$\overline{B6}$
	B10•	$\overline{B6}$
B10	B5/8	$\overline{B10}$
	B6	$\overline{B10}$

Die Handhabung erfolgt durch Signaländerung.

Folgendes Schema zeigt die Positionierung der Züge an:

	BB3	BB4	BB5	BB6	BB7	BB8
X-Zge	0000 0001 0011	 0010 	0000 0001 0010 	 0011	0000 0010 	 0001 0011
G-Zge	0100 0101 0110 0111	 	0100 0101 0110 0111	 	0100 0110 	 0101 0111
S-Zge	 1001 1011	1000 1010 	1000 1010 	 1001 1011	1000 1010 	 1001 1011

Folgendes Schema zeigt die Positionierung der Magnete:

Züge/Magnete	I	II	III	IV	Anzahl
50 % der Züge	mmm				6
X-Zge		mmm			2
G-Zge			mmm		4
S-Zge				mmm	4

Es sind also insgesamt 16 Magnete erforderlich.

Vollständigkeitshalber fassen wir noch die Aktivierungen zusammen:

Block	GA/Q	VR
B1 =	$(\overline{A3} \cdot BB3 + \overline{A4} \cdot BB4) \cdot$	$A1 \cdot \overline{B2}$
B2 =	$(\overline{A3} \cdot BB3 + \overline{A4} \cdot BB4) \cdot$	$\overline{B1} \cdot A2 \cdot \overline{B13/16} \cdot \overline{B14}$
B3 =	$(\overline{A5} \cdot BB5 + \overline{A6} \cdot BB6) \cdot \overline{Ay}$	(negative Aktivierung)
B4 =	$GA4 \cdot \overline{A5} \cdot$	$\overline{A3}$
B5/7 =	$\overline{A7} \cdot BB7$	(negative Aktivierung)
B5/8 =	$\overline{A8} \cdot BB8 \cdot$	$A5 \cdot \overline{B6} \cdot \overline{B10}$
B6 =	$GA \cdot \overline{A8} \cdot$	$\overline{B5/8} \cdot A6 \cdot \overline{B10}$
B10 =	$(\overline{A11} \cdot BB11 + \overline{A12} \cdot BB12) \cdot$	$\overline{B5/8} \cdot \overline{B6} \cdot A10 \cdot \overline{B9}$

Die restlichen Formeln entsprechen obigen mit anderen Elementen.

10 Mikrocomputer

10.1 Einleitung

Wenn wir bisher unsere Artikel immer mit einer Einleitung begannen, die unsere Ausgangssituation schilderte, müssen wir nun bekennen, daß dieser gesamte letzte Artikel eigentlich nur eine Einleitung ist. Wir können uns hier lediglich bemühen, einen Zusammenhang zwischen den Möglichkeiten eines Mikrocomputers und der Modelleisenbahn herzustellen und zu hoffen, daß die Probleme der Modelleisenbahn mit einem Mikrocomputer gelöst werden können.

Es wurde in den letzten Jahren ein elektronisches Wunderwerk entwickelt, das – wenn auch nicht ganz billig – dem Amateur zur Verfügung steht, und das viele Bereiche revolutionieren wird: Der Mikroprozessor.

Der Mikroprozessor steht zwar im Mittelpunkt dieser Beschreibung, kann aber nicht für sich allein unseren Zweck erfüllen. Er ist immer umgeben von anderen Wunderkindern, genannt ROM, RAM u. dgl. . Die Kombination nennt man *Mikrocomputer* (μC).

Da wir früher den Begriff Computer mit der nötigen Erklärung und Entschuldigung mißbraucht haben, können wir nun mit Genugtuung feststellen, daß wir ein Allheilmittel für unsere Modelleisenbahnprobleme gefunden haben.

Die Schwierigkeit ist allerdings, herauszufinden, was in diesem Umfang zu beschreiben, und was wegzulassen ist. Die Materie ist so umfangreich, daß dicke Bücher mit der Beschreibung dieses Objektes zu füllen sind. Das ist bisher auch in vielen Sprachen geschehen.

Das Einfachste wäre, auf diese Literatur hinzuweisen. Wir würden es uns aber damit zu einfach machen, denn es gibt kaum Literatur, die den in der Entwicklung unerfahrenen Leser anspricht.

Der Kontakt mit vielen emsigen Technikern der Mikrowelt hat eine Feststellung deutlich herausgestellt:

Der Mikrocomputer kann alles.

Dies ist die felsenfeste Überzeugung aller, die wochen- und monatelang mit dem Mikrocomputer experimentiert haben. Ihre Überzeugung duldet keinen Zweifel oder Widerspruch. Unter diesem Eindruck sind wir ebenfalls von den unbegrenzten Möglichkeiten des Mikrocomputers überzeugt

worden, wenn auch bisher noch kein einziger Zug von uns auf diese Weise auf die Reise geschickt wurde.

Darum werden wir dieses Buch mit einer – wenn auch kurzen – Darstellung des Mikrocomputers abschließen. Ohne auf technische Einzelheiten einzugehen, werden wir dieses neue Hilfsmittel skizzieren.

10.2 Das Wesen des Mikrocomputers

Bisher haben wir unsere logischen Probleme gelöst durch:

a) Formulieren dieser Probleme mit Hilfe der Boole'schen Algebra, die auf einigen Vereinbarungen und standardisierten Bauelementen beruht (und in diesem Buch zusammengefaßt sind);

b) Entwicklung von Schaltungen mit Hilfe dieser Formeln und logischer Gatter;

c) Realisierung dieser logischen Schaltungen durch die 7400-Serie;

d) die Ein- und Ausgänge dieser ICs nach einem Schaltbild miteinander zu verbinden.

Ein großer Nachteil dieses Verfahrens ist das ohne mechanischen Eingriff unveränderbare Endprodukt. Sind spätere Änderungen erforderlich, so ist ein umständlicher Eingriff nicht zu vermeiden. Schon wegen dieses Grundes müssen wir unseren Entwurf eingehend studieren und mehrmals kontrollieren, bevor wir Bauelemente beschaffen, den Lötkolben anheizen oder Schienen durchsägen.

Aus demselben Grund haben wir in der Schaltung für die doppelte Kreuzungsweiche drei Dienstregelungen für die SZge aufgenommen, so daß wir mit Schaltern eine Wahl treffen können. Aber auch hier ist eine Änderung nur mit Lötkolben möglich. Müßten wir danach neue Forderungen aufstellen, so wären neue umfangreiche Umbauten erforderlich.

Es wäre sehr zweckmäßig, wenn wir unsere Schaltungen nicht mit Hilfe des Lötkolbens, sondern durch eine große Anzahl von Schaltern, Steckern, lösbaren Verbindungen usw. kurzfristig ändern könnten. Dies ist im übertragenen Sinne mit dem Mikrocomputer möglich. Wir haben bereits gesagt, daß sein wichtigster Bestandteil der Mikroprozessor ist, der von verschiedenen Assistenten umgeben ist. All diese Elemente ermöglichen tausende und zehntausende von Verbindungen, so daß damit jede beliebige Kombination möglich ist.

Das ist aber nicht alles:
Die Bausteine enthalten zahlreiche Gatter in vielen Kombinationen als Flip-Flops, Antivalenz-Gatter, Multiplexer usw. . Überlassen wir nun die Realisierung von Schaltungen dem Mikroprozessor und seinen Artgenos-

sen, dann heißt das nicht, daß sie die Gatter einsetzen, wie wir es gewöhnt sind. Jedes Gatter für nur einen Zweck einzusetzen sieht der Mikrocomputer als Verschwendung an. Er kombiniert einige Gatter zur Formation K, zieht dann eine Schlußfolgerung, die er in einem Register abspeichert, bildet eine neue Kombination L, weil die Gatter inzwischen wieder frei sind, zieht wieder eine Schlußfolgerung, die er in einem anderen Register abspeichert, schaltet die Gatter wieder um usw.. Natürlich muß dem Mikroprozessor vorher gesagt werden, welche Kombinationen zu bilden sind. Das ist mit den logischen Formeln möglich, die wir in diesem Buch ausgiebig angewendet haben. Weil dieses Umschalten fast mit Lichtgeschwindigkeit erfolgt, müssen wir dem Computer entsprechend schnell die Aufträge erteilen. Es liegt nahe, daß wir dies persönlich nicht tun können. Wir geben dem Computer eine Hausarbeit auf, und nennen dies ein Programm.

Ein Mikroprozessor benötigt also ein Programm, das von uns aufzustellen ist. Inzwischen sind wir also ein beträchtliches Stück von unserem eigentlichen Hobby, der Modelleisenbahn, entfernt. Statt den Trafoknopf zu drehen, sitzen wir in Kürze vor einer Tastatur und schreiben damit Buchstaben auf einen Fernsehschirm, um den Mikroprozessor zu programmieren.

Wie sieht nun so ein Programm aus? Ein Programm besteht aus vielen Befehlen, die ein Mikrocomputer versteht und nacheinander abarbeitet, also

. . . „Befehle" . . . „versteht" . . . „nacheinander" . . . „abarbeitet" . . ., usw.

Jeder Mikroprozessor (MPU) ist vom Hersteller für ein bestimmtes Ziel konzipiert. Wir meinen nicht das Ziel Geld verdienen, sondern den Einsatzzweck. Da ein MPU tausende von Schaltungsmöglichkeiten besitzt, muß jemand entscheiden, welche Kombinationen realisiert werden sollen. Liegt diese Entwicklung fest, entspricht sie im wesentlichen unserer gelöteten Logik. Wir meinen damit: Es gibt zwar viele Schaltungsmöglichkeiten; sie bilden aber ein begrenztes Paket. Wozu ein MPU in der Lage ist, legt der Hersteller mit dem *Befehlssatz* fest.

10.3 Der zeitliche Ablauf

Programmieren heißt also, daß wir dem Mikrocomputer Befehle erteilen, die alle Bestandteil des Befehlssatzes sind, und die in ihrer Gesamtheit geeignet sind, den Zweck zu erfüllen.

Wir begegnen immer wieder dem Satz: In der richtigen Reihenfolge. Hierin ist der Zeitbegriff enthalten. Die zeitliche Steuerung übernimmt ein Taktgenerator. Wir sind ihm schon bei den Block-Flip-Flops begegnet. Ein Taktgenerator ist für Mikroprozessoren unbedingt erforderlich.

Der Taktgenerator liefert in Zeitabständen von 1/5000 Sekunde oder kürzer einen Impuls. Es sind i.a. positive Impulse, und die Elemente des Mikroprozessors reagieren unterschiedlich auf sie. Manchmal erfolgt eine Reaktion auf der Flanke des Signals, d.h. wenn der Impuls beginnt. Manchmal erfolgt aber auch eine Reaktion einige Mikrosekunden später. Eine andere Reaktion erfolgt vielleicht auf der Rückflanke oder noch später. Kurz gesagt: Der Begriff Taktimpuls beschreibt seine Eigenschaft noch nicht ausschließlich.

Wir kommen nun an einen Punkt, der für einen Neuling in diesem Bereich am schwierigsten zu ergründen ist: Die *augenscheinliche* Gleichzeitigkeit, mit der zahlreiche Vorgänge ablaufen. Durch das Taktsignal wird der Zeitablauf so exakt aufgeteilt, daß der Mikroprozessor jeden Bereich unter Kontrolle hält. Wir sagen nicht *gleichzeitig*, denn der Taktgenerator sorgt gerade dafür, daß nichts gleichzeitig geschieht. Nur wegen der sehr hohen Taktfrequenz, mit der der Mikrocomputer jeden Bereich ansteuert, scheinen die Vorgänge gleichzeitig abzulaufen. In der Modelleisenbahnpraxis können wir dies auch als gleichzeitig betrachten. Unsere Beschreibung muß in Hardware und Software umgesetzt werden.
Mit Hardware meint man die materielle Realität, Geräte, Prozessor, Speicher, Verdrahtung, usw. . Mit Software ist die Programmierung gemeint. Wenn ein Programmierer fragt, ob er ein Problem hardware- oder softwaremäßig lösen soll, dann fragt er eigentlich nach einer Lösung mit Hilfe der Schaltungstechnik, wie wir es bisher gewöhnt sind, oder ob er ein Programm für den Mikrocomputer schreiben muß.

10.4 Darstellung eines Mikrocomputers

Das typische Beispiel eines Mikrocomputers mit seinen wesentlichsten Bestandteilen zeigt das Blockschaltbild in *Abb. 10.4.1.*

Wir erkennen den bereits bekannten MPU, ein ROM, ein RAM und eine I/O-Einheit. ROM und RAM sind Speicher, die Eingabe/Ausgabe-Einheit (I/O) ist das Bindeglied zwischen Mikroprozessor und Außenwelt. Diese Einheit ist grob zu vergleichen mit den Puffern, die wir zwischen TTL-Schaltungen und Verstärker geschaltet hatten.

Der MPU ist das Gehirn, die Kommandobrücke, die Steuerzentrale

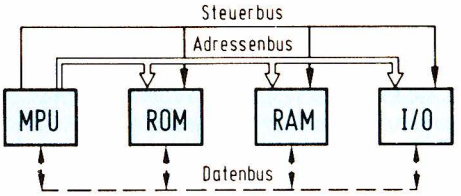


Abb. 10.4.1 Grundsätzlicher Aufbau eines Mikrocomputers.

des Systems. Dieser Block regelt, was zu geschehen hat und liefert in dem Zusammenhang eventuelle Aufträge oder Befehle an andere Blöcke.

Zu diesem Zweck sind die Blöcke durch drei Drahtbündel, Bus genannt, miteinander verbunden. Wir erkennen den Steuerbus, den Adressenbus und den Datenbus. Wir verstehen einen solchen Busdienst als Strecke, auf der Miniaturautobusse Daten und Information hin und her transportieren. Der Begriff Bus hat sich im Fachjargon eingebürgert; wir könnten diese Leitungen auch mit Steuer-, Adressen- und Datenleitungen bezeichnen.

Jeder Bus besteht aus mehreren Verbindungsleitungen; man spricht z.B. von einem 8-Bits-Datenbus. Hier verbinden also acht parallele Leitungen verschiedene Bauteile und gestatten die Übertragung von Daten.

Die Speicher bestehen aus einer Vielzahl von freien Plätzen, die mit den Fächern eines Magazins zu vergleichen sind. Es geht hier allerdings nicht um geringe Anzahlen; ein ROM (Read Only Memory) mit 65536 (= 2^{16}) Bits bzw. Nullen und Einsen ist üblich. Häufig kombiniert man acht Bits zu einem Byte. Ein 8-Bit-Datenbus kann dann gleichzeitig ein Byte übertragen. Auf die acht Verbindungsleitungen werden gleichzeitig acht Einsen bzw. Nullen geschaltet und der Adresse angeboten, für die die Information bestimmt ist. Tausend Speicherpositionen fassen wir zu dem Begriff k zusammen, was exakt 1024 Plätzen entspricht. Das soeben genannte ROM ist also ein 64k-Speicher.

Um eine 8-Bit-Zahl vom Speicher abzufragen ist zunächst erforderlich zu wissen, an welcher Stelle diese Zahl abgespeichert ist. Die Stelle im Speicher heißt Adresse; sie wird durch eine andere Zahl dargestellt. Um eine Adresse in einem Speicher mit 64 k Speicherplätzen wiederzufinden, benötigen wir 16 Bits, also eine Kombination von 16 Einsen und Nullen, denn $2^{16} = 65536$.

Wird eine Adresse dem Adressenbus am Eingang des Speichers angeboten, so erscheint gleichzeitig am Dateneingang des Mikroprozessors dessen Inhalt. Der Mikroprozessor betrachtet also die Adresse und weiß dann, was in dieser Adresse abgespeichert ist. Beim RAM (Random Access Memory) und bei der I/O-Einheit erkennen wir, daß der Bus zwei Richtungen besitzt. Offenbar können hier Daten ein- und ausgegeben werden.

Der Mikroprozessor entscheidet, was zu geschehen hat und macht mit Hilfe des Steuerbusses dies jeder Einheit klar. Mit diesen Steuerleitungen können die Blöcke elektronisch umgeschaltet werden, so daß sie Daten abgeben oder aufnehmen. Durch gleichzeitige Angabe der Adresse weiß der Mikroprozessor, wo die Zahl zu finden ist. Wir erkennen also, daß der MPU sehr schnell verschiedene Angaben über den Datenbus angeboten bekommt, die er verarbeiten muß. Wenn wir die Frage stellen, was der Mikroprozessor mit den Ergebnissen tut, so kommen wir auf die Register zu sprechen.

Register finden wir in allen Bereichen und für die verschiedensten Zwecke. Ein Register ist zu vergleichen mit einem Notizzettel oder einer Schultafel, auf der eine kurze Zeit eine Information niedergeschrieben wird. Ein Mikroprozessor besitzt etliche solcher Register. Wir verwenden also ein Register, um Daten, die sich in einem Speicher befinden, zur Verarbeitung bereitzustellen. Nach Beendigung der Verarbeitung kann der Inhalt des Registers wieder gelöscht werden.

Eine solche Verarbeitung, z.B. die Addition zweier logischer Werte, wird beim Mikroprozessor durch den Arithmetikbaustein (ALU = Arithmetic and Logical Unit) ausgeführt. Dieses ist ein komplizierter Elektronikbaustein, mit dem verschiedene logische Vorgänge bearbeitet werden können. Da der ALU zu diesem Zweck die logischen Daten, die zu verarbeiten sind, zur Verfügung haben muß, verfügt ein ALU immer über Register, die als Akkumulator bezeichnet werden. Dieses ist der eigentliche Notizblock des ALU. Daneben gibt es noch einige andere Register, in die andere logische Werte eingespeichert werden. In der Regel wird das Ergebnis jeder Bearbeitung durch den Arithmetikbaustein generell in den Akkumulator gebracht.

Wir wollen uns überlegen, wie eine uns bekannte Formel durch den Mikroprozessor bearbeitet wird und wählen dazu die Formel:

$$B1 = \overline{A2} \cdot A1$$

Die logischen Werte der Vektoren A1 und A2 werden von der Bahn an den Speicher abgegeben. Wie das exakt geschieht, lassen wir offen. Vektoren sind im Speicher unter bekannten, festen Adressen abgelegt, so daß der µP durch Abfragen der Adressen an den Inhalt herankommt. Beim ersten Taktimpuls geschieht dies mit dem Vektor $\overline{A2}$. Dessen Wert

wird in Folge des durch uns im Programm angegebenen Befehls in ein Register, den Akkumulator, gebracht. Beim zweiten Impuls gelangt dann der Vektor A1 zum µP; dieser Wert gelangt in ein angewiesenes Hilfsregister. Inzwischen hat der µP den Befehl decodiert. Ihm wird aufgetragen, eine logische UND–Funktion zwischen den beiden Vektoren zu bilden. Das Ergebnis kommt dann in den Akkumulator. Wir benötigen noch den inversen Wert, was unproblematisch ist, da es unter den vielen Befehlen, die der µP verarbeiten kann, auch einen Befehl zum Invertieren gibt. Inzwischen sind doch mehrere Taktzyklen abgelaufen. Da mehrere Taktimpulse abgegeben werden, bis die logische Gleichung gelöst ist, steht das Ergebnis später zur Verfügung, als bei Verwendung eines NAND–Gatters. Das ist aber für unsere Modelleisenbahn unerheblich.

Wie wir bestimmte Ausführungsformen von NAND–Gattern kennen, so besitzt der Programmablauf des Mikroprozessors ebenfalls ein festvorgegebenes Muster. Es ist dann zweckmäßig, einen solchen Vorgang, der sich stets wiederholt, als einen Programmteil zur Verfügung zu haben. Es reicht dann für die Ausführung dieses Miniprogramms aus, eine Adresse anzugeben, unter der dieser Programmteil zu finden ist. Immer, wenn diese Adresse im Programm auftaucht, läuft dieses Miniprogramm ab. An dessen Ende wird der µP zur folgenden Adresse des Programms verwiesen. Ein solches Hilfsprogramm nennt man Unterprogramm (subroutine). Es werden hier die enormen Vorteile des Mikroprozessors erkennbar. Mit denselben Hilfsmitteln können wir durch Befehle immer neue Kombinationen entstehen lassen und damit Daten verarbeiten, für die bisher eine große Zahl von Gattern erforderlich war. Diese Unterprogramme befinden sich in einem Speicher, der nur abgefragt, in den aber nichts hineingeschrieben werden kann. Es handelt sich hier um ein ROM (Read Only Memory), das wir bereits erwähnt hatten. Obwohl ein MPU, RAM und andere Bauteile Flip-Flops im Überfluß enthalten, müssen wir unsere Handvoll Flip-Flops nicht gleich wegwerfen.

Der Mikroprozessor muß ständig über die Situation auf der Bahn im Bilde sein; wir haben bereits festgestellt, daß diese Angaben im RAM registriert werden. Das entspricht unserer Praxis mit A–FFs u. dgl. Wenn wir nach wie vor davon ausgehen, daß wir nur Verkehr in *einer* Richtung zulassen, können wir auch die Signalisierung beibehalten.

Da unsere FFs sehr störungsempfindlich sind, halten wir die Signaldrähte möglichst kurz. Dies wird problematisch, wenn wir mit einem zentralen µP arbeiten. Wir müssen daher den „unsauberen" Signalen zunächst die richtige Form geben, indem wir sie in ein Standard-A-FF einschreiben und dessen Vektor-Signale an den µP leiten.

Die Vorteile des Mikroprozessors sind sicherlich inzwischen deutlich geworden. Wer sich vor einem Einsatz nicht abschrecken läßt, sollte sich auf die Auswahl des Mikroprozessortyps konzentrieren.

10.5 Die Auswahl des Mikroprozessors

Wir wollen doch noch einmal die Vor- und Nachteile diskutieren.
An erster Stelle steht der Preis.

Die komplizierte und ungewohnte Materie erfordert eine längere Vorbereitungszeit.

Wer seine Modelleisenbahn nach dem von uns beschriebenen System automatisiert hat, muß seine Anlage bei Verwendung eines µC sehr stark modifizieren. Ein guter Rat wäre: Am besten läßt man diese Anlage wie sie ist und baut eine neue.
Eine Bereicherung wäre die Kopplung beider Anlagen. Die Frage nach dem Mikroprozessortyp ist schwierig zu beantworten. Selbst Experten könnten keine exakte Antwort geben.

MPUs werden durch die Anzahl Bits, die sie parallel verarbeiten, unterschieden. Man kennt 16-Bits-, 8-Bits-, 4-Bits- und 1-Bit-Mikroprozessoren. Die Bit-Zahl entspricht der Kapazität des Datenbus.

Mehr-Bits-Typen haben sicherlich große Vorteile, aber für die Modelleisenbahn, bei der es um Befehlsentscheidungen geht, ist ein 1-Bit-Mikroprozessor sehr geeignet. Es geht hauptsächlich um Folgendes:

Die Kapazität eines µC wird hauptsächlich bestimmt durch die Speicher, die man damit verbinden kann. Ein 1-Bit-Computer benötigt nicht viel weniger zusätzliche Bauelemente als andere Typen. Daher ist es zweckmäßiger, einen größeren Typ zu wählen, auch weil sich die Preise kaum unterscheiden.

Der überragende Vorteil eines Mikrocomputers ist, daß wir die Modelleisenbahn steuern und die Anforderungen modifizieren können, ohne daß:

a) zusätzliche Bauelemente erforderlich sind
b) die Bahn mechanisch verändert werden muß.

Die von uns zu lösenden Probleme sollen nicht abhängen vom Mittel, mit dem sie zu lösen sind. Die Kunst des Automatisierens besteht darin, daß wir für die Verkehrsprobleme die richtigen Lösungen formulieren müssen. Es ist zu hoffen, daß dieses Buch hierfür eine Hilfe gewesen ist.

Anlage A

Printplatten

Programm

1. Zur Realisierung der Automatisierung wurden folgende Printplatten entwickelt:
Nr. 7439 Netzteil
Nr. 7440 Flip-Flops
Nr. 7441 Zeitschaltung und Inverter
Nr. 7442 Verstärker

2. Die Printplatten wurden entwickelt, weil sie – außer beim Netzteil – mehrfach erforderlich sind. Bei anderen Schaltungen, für die ähnliches gilt, wie z.B. für den Transistorschalter, ist der Entwurf spezieller Printplatten unwirtschaftlich. Diese einfachen Schaltungen lassen sich leicht auf Experimentierplatten, wie sie im Handel käuflich zu erwerben sind, herstellen.

3. Für die Computerschaltungen eignet sich hervorragend die Experimentierplatte HB 7201.

Printplattenentwurf

4. Die Entwürfe der Printplatten sind im Maßstab 1:1 auf Transparentpapier abgedruckt, damit man das Blatt zur fotografischen Reproduktion verwenden kann.

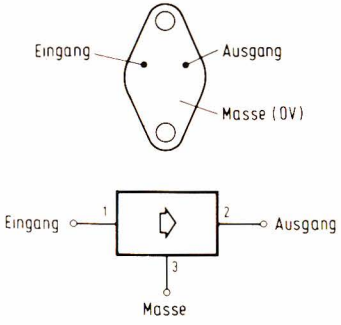
5. Die mit den Printplatten korrespondierenden Schaltungen sind mitgezeichnet.

In den folgenden Abbildungen wurden die Printplatten von der Komponentenseite dargestellt.

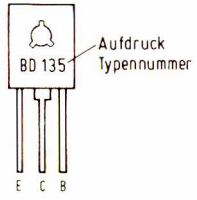
6. Netzteil

Printplatte		7439
Halbleiter	T_1 T_3 T_5	BD 135
	T_2 T_4 T_6	2 N 3055
	IC 1	µA 7805

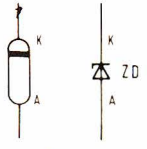
Kondensatoren	C_1 C_4	4700 µF
	C_2 C_3 C_5 C_6	10 µF
Dioden	ZD	Z 13 V/400 mW
	D_1	1 N 4001
Widerstände	R_1	470
	R_2	180
	R_3	820
	R_4	0,27/5W
	R_5	47
	R_6	1 k
	R_7	27/9W
	R_8	8,2/9W
Brückengleichrichter	B	B40/C3200-2200
Potentiometer	P_1	470
Lämpchen	La_1 La_2	12V/0,05
	La_3	6V/0,06



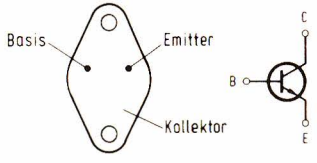
µA 7805 (Unteransicht)



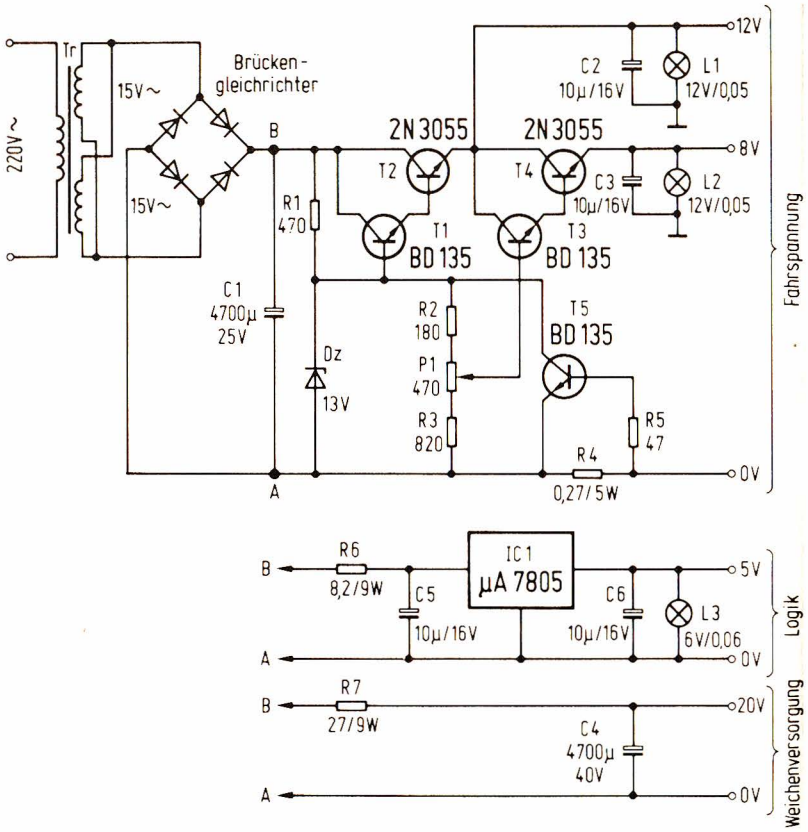
BD 135



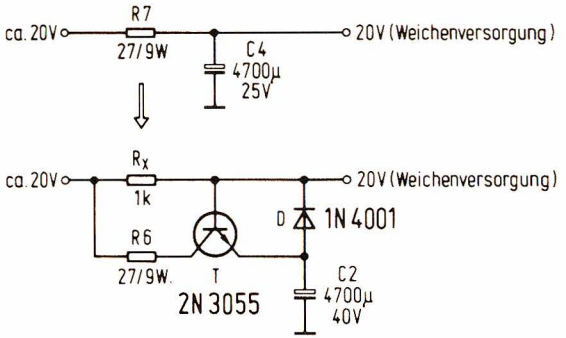
ZD



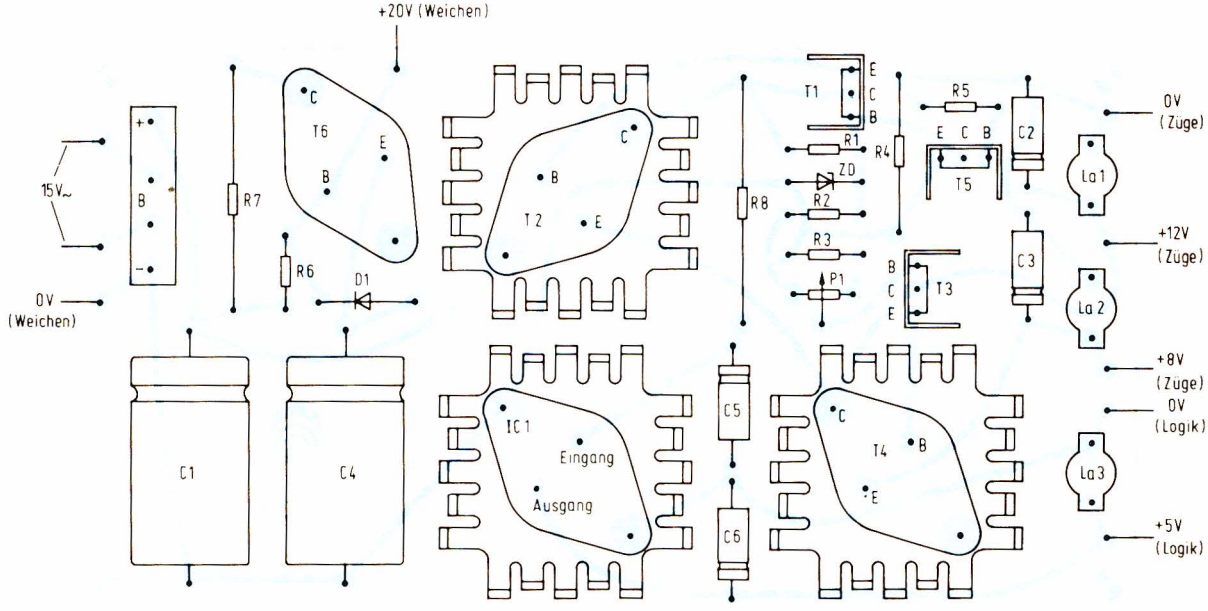
2N 3055 (Unteransicht)



Schaltung eines Netzteils, das alle erforderlichen Spannungen liefert. Die Transistoren T_2 und T_5 und IC_1 (TO 3-Gehäuse) werden mit einem Kühlstern versehen. Die Transistoren T_1, T_3 und T_4 werden mit einem Kühlblech vom Typ SOT-32 ausgestattet.



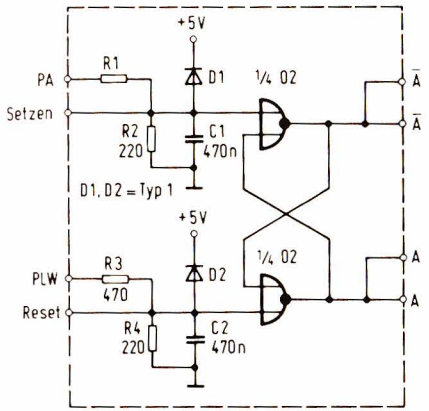
Nimmt man in gezeichneter Weise einen Transistor in das Weichennetzteil auf, so kann der Kurzschlußstrom auf einen geringen Wert begrenzt werden, obwohl die Erholungszeit sehr kurz ist.

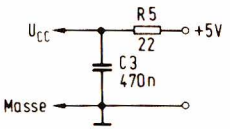

+20V (Weichen)
15V~
0V
(Weichen)
B
+
-
R7
R6
D1
T6
C
E
B
C1
C4
T2
C
B
E
IC1
Eingang
Ausgang
R8
C5
C6
T1
E
C
B
R1
ZD
R2
R3
P1
R4
T4
C
B
E
R5
E C B
T5
B
C
E
T3
C2
C3
La1
La2
La3
0V
(Züge)
+12V
(Züge)
+8V
(Züge)
0V
(Logik)
+5V
(Logik)

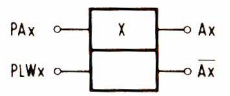
7. Flip-Flops

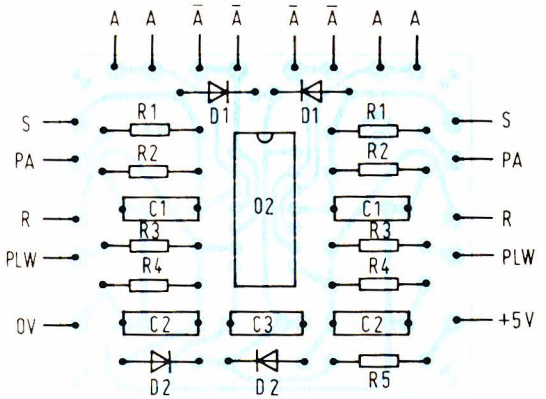
a) Standard-FF mit NOR-Gattern

Printplatte		7440
Halbleiter	IC	7402
Kondensatoren	C_1 C_2 C_3	0,47 µF
Dioden	D_1 D_2	1 N 914
Widerstände	R_1 R_3	470
	R_2 R_4	220
	R_5	22



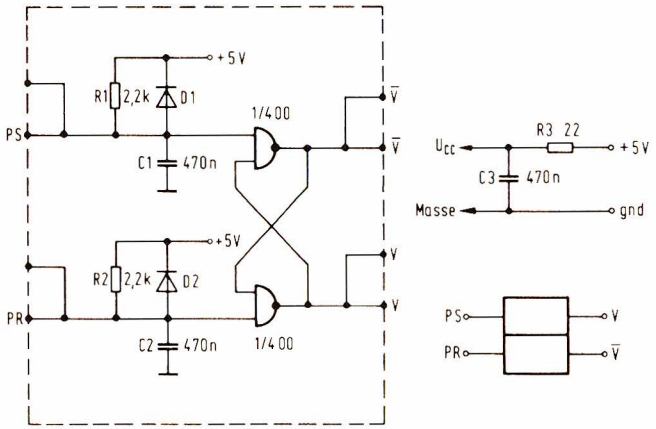


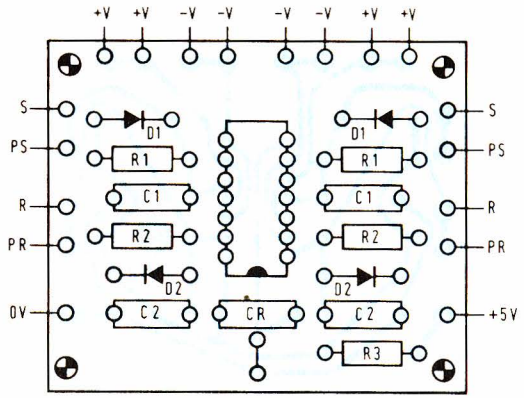




b) FF mit NAND-Gattern

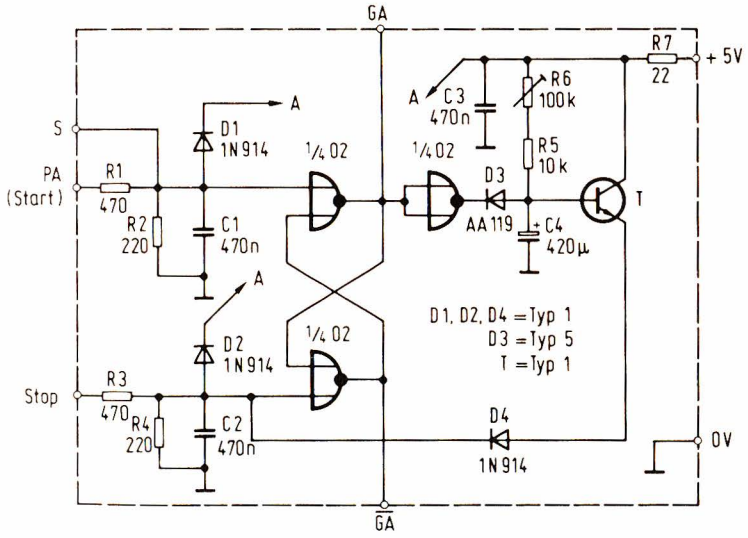
Printplatte		7462
Halbleiter	IC	7400
Kondensatoren	C_1, C_2, C_3	0,47 µF
Dioden	D_1, D_2	1 N 914
Widerstände	R_1, R_2	2k2
	R_3	22



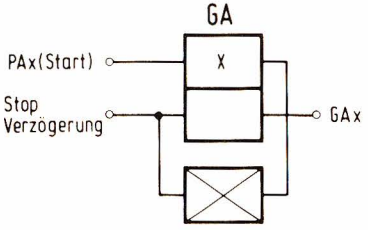


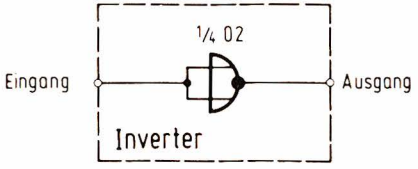
8. Zeitschaltung und Inverter

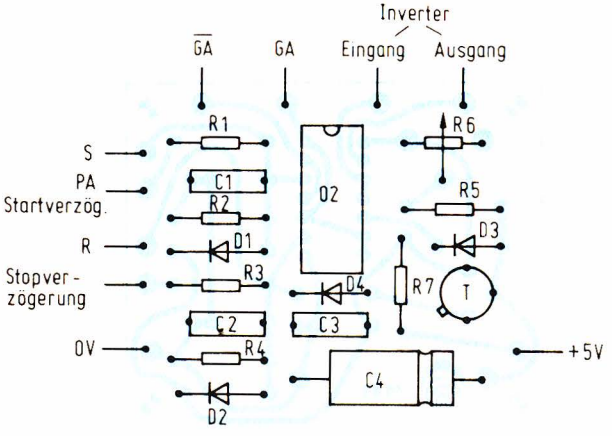
Printplatte		7441
Halbleiter	IC	7402
	T	BC 182 B
Kondensatoren	C_1 C_2 C_3	0,47 µF
Dioden	D_1 D_2 D_4	1 N 914
	D_3	AA 119
Widerstände	R_1 R_2	470
	R_2 R_4	220
	R_5	10 k
	R_6	100 k max
	R_7	22



8. Zeitschaltung und Inverter
Printplatte 7441





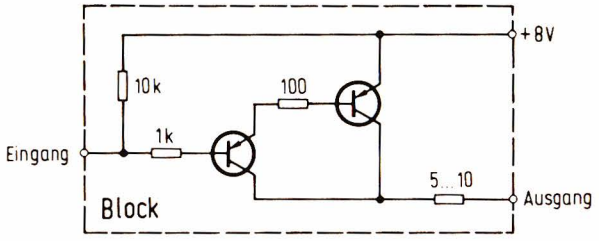


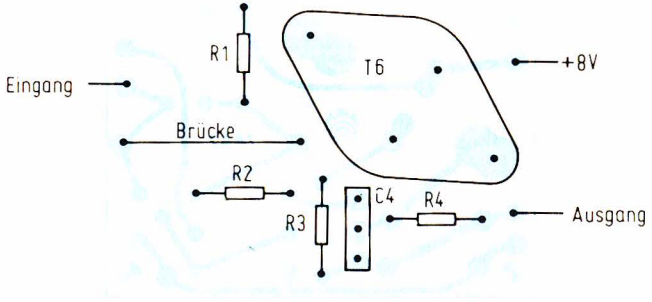
9. Verstärker

Es gibt 4 Arten Verstärker, welche alle mit der gleichen Printplatte 7442 aufgebaut werden können. Es handelt sich um folgende Verstärker:

a) Blockverstärker

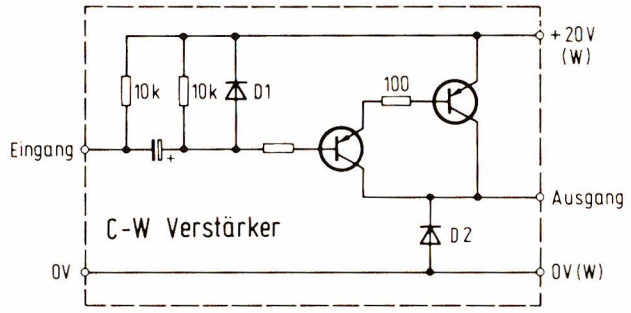
Transistoren	4	BD 136
	6	AD 130
Widerstände	R_1	10 k
	R_2	1 k
	R_3	100
	R_4	10

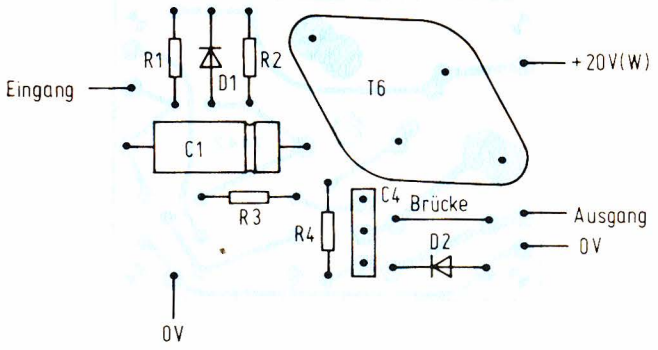




b) Weichenverstärker/C-W-Verstärker zur Computersteuerung; Anschluß über Treiber 7404 an IC-Ausgang.

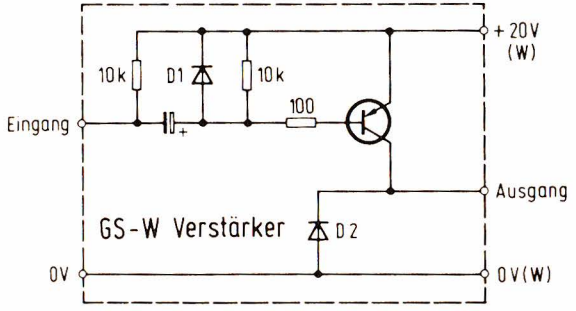
Transistoren	4	BD 136
	6	AD 130
Dioden	1	1 N 914
	2	1 N 4001
Kondensatoren	C_1	47 µF/25 V oder größer
Widerstände	R_1 R_2	10 k
	R_3	1 k
	R_4	100

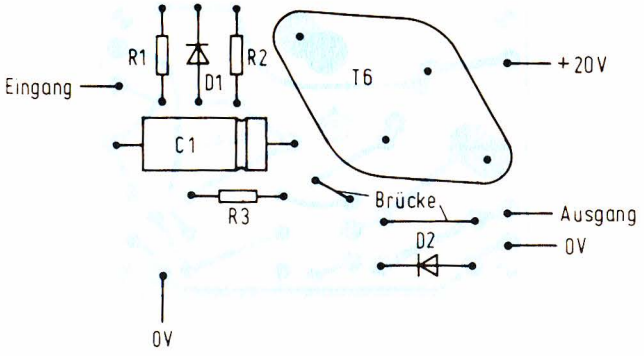




c) Weichenverstärker/GS-W-Verstärker zur Verwendung mit Glasschalter an 0 V/W.

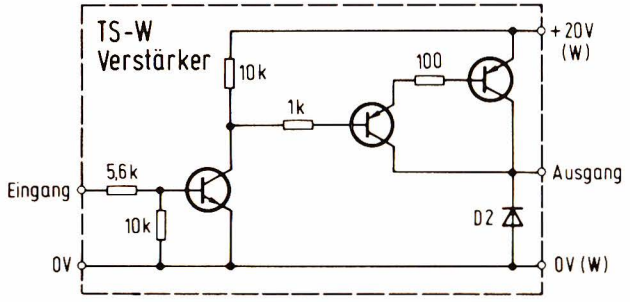
Transistor	6	AD 130
Dioden	1	1 N 914
	2	1 N 4001
Kondensator	C_1	47 µF/25 V oder etwas höher
Widerstände	R_1 R_2	10 k
	R_3	100

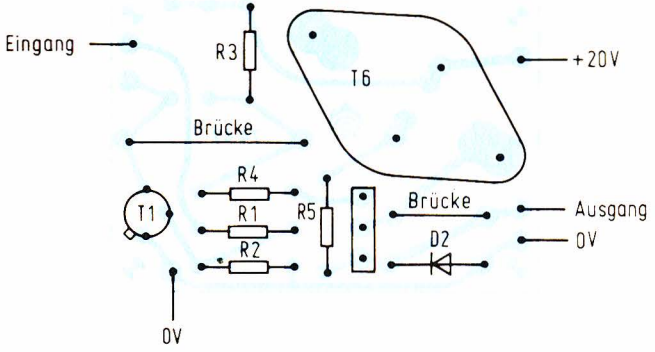




d) Weichenverstärker/TS-W-Verstärker für Identifizierung mittels Transistorschalter und eventuell Glasschalter. Der Eingang bekommt hier wegen des positiven Impulses einen Inverter.

Transistoren	1	BC 182 B
	4	BD 136
	6	AD 130
Diode	2	1 N 4001
Widerstände	R_1	5K6
	R_2 R_3	10 k
	R_4	1 k
	R_5	100





10. Die angegebenen Typennummern dieser Bauelemente sind nicht verbindlich. Es gibt für jeden Typ zahlreiche Ersatzbauelemente. Ihr Händler wird Sie sicher beraten können und wollen.

Herstellung

11. Zur Reproduktion der gedruckten Schaltungen gibt es verschiedene Verfahrensweisen. Es würde in diesem Buch zu weit gehen, hier auf Details einzugehen. Der Fachhandel wird Ihnen dabei sicherlich behilflich sein. Auch geben die Gebrauchsanweisungen auf der Verpackung der erforderlichen Chemikalien eine ausreichende Gebrauchsanleitung.

12. Die Printunterlagen sind im Maßstab 1:1 abgebildet.

13. Zum Bohren der zahlreichen Löcher kann man den entsprechenden Bohrer für wenig Geld erwerben. Mit etwas Aufwand können die Löcher auch mit einer Handbohrmaschine gebohrt werden.
Der Bohrerdurchmesser ist 1 mm. Sie sollten Ihr Werkstück gut festhalten, damit es sich während des Bohrens nicht drehen oder verschieben kann, denn häufiger Bohrerbruch kann teuer werden.

Anlage B

Äquivalenzliste

Diodentabelle

Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 5
1N914	1N4001	1N5401	AA119
1N4148	1N4002		AA116
BAX13	1N4003		OA95
BA318	BY127		OA91
BA222			OA85
BA218			

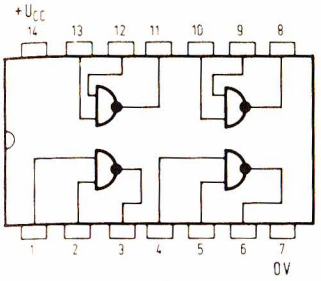
Transistorentabelle

Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4	Typ 5	Typ 6
BC108	BC178	BD135	BD136	2N3055	AD149
BC148	BC205	BD137		BDY39	AD139
BC168	BC213			BDX10	AD140
BC208	BC262			2N3713	AD152
BC318	BC321				AD166
					ADY27

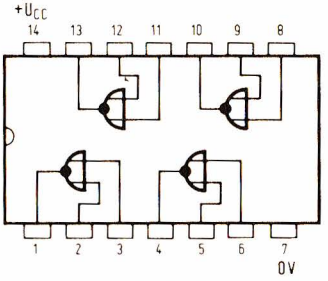
Typen 1, 3 und 5: NPN Typen 2, 4 und 6: PNP

Anlage C

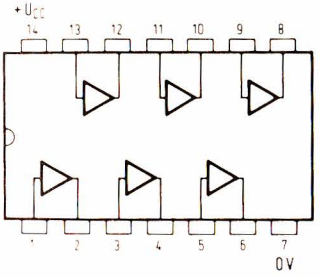
Kontaktbelegung



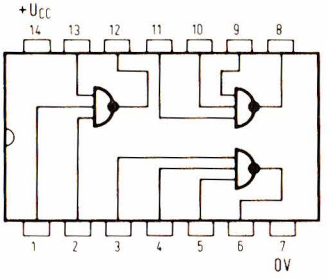
SN 7400



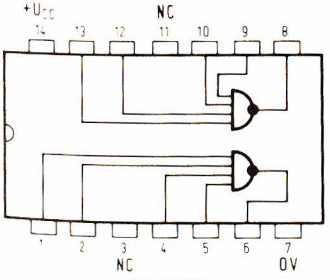
SN 7402



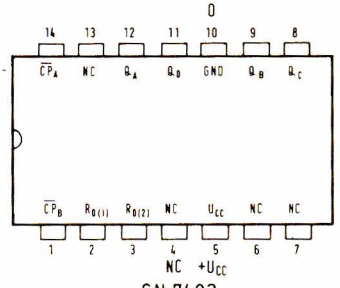
SN 7407



SN 7410



SN 7420



SN 7493

Abkürzungen

Gegenstand	Abkürzung	Bedeutung
Zugtypen	Zg	Zug
	Zge	Züge
	GZg	Güterzug
	LZg	Lokalbahn
	MZg	Metro
	SZg	Schnellzug
	XZg	Expreßzug
Impulse	PA	Impuls Ankunft
	PLW	Impuls letzter Wagen
	PV	Impuls Abfahrt
	PALW	Impuls Ankunft letzter Wagen
	PTp	Typenpuls
	PG	Impuls Güterzug
	PL	Impuls Lokalbahn
	PS	Impuls Schnellzug
	PX	Impuls Expreßzug
	PM	Impuls Metro
Flip-Flops	FF	Flip-Flop
	A-FF	Anwesenheits-Flip-Flop
	B-FF	Block-FF
	BB-FF	Zielblock-FF
	W-FF	Weichenstellungs-Flip-Flop
	VR-FF	Vorrang-Flip-Flop
	Tp-FF	Typen-Flip-Flop
	IF-FF	Identifizierungs-Flip-Flop
Verkehr	$Bx = GAx \cdot Qx \cdot VRx$	
	Allgemeine Formel zur Blockansteuerung	
	GA	Genehmigung Abfahrt
	Q	Gemeinsame Bahnbedingungen
	VR	Vorrang
	x	Allgemeine Bezeichnung der Blocknummer

VR-Schaltungen		
	DOM	Dominant
	SEMI	Semi-Roulette
	ROU	Roulette
	FIFO	first in, first out
	ESTA	Staffel
	STOP	Stoplicht
	SKIP	Passierschaltung
Schalter	GS	Glasschalter = Reed relay
	LS	Lichtempfindlicher Schalter
	MS	Mechanischer Schalter
	SS	Schienenschalter
	TS	Transistorschalter
Diverses	A	Anwesenheit
	B	Block(-abschnitt)
	M	Magnet
	W	Weiche
	IF	Identifizierung
	LW	Letzter Wagen
	MV	Multivibrator
	AMW	Astabiler Multivibrator, Blinklicht
	ARS	Automatische Rücksetzung
	ASV	Allgemeines Spannungsfeld
	BMV	Bistabiler Multivibrator = Flip-Flop
	MMV	Monostabiler Multivibrator = Monoflop = One-shot
	KSK	Haltabschnitt
	μC	Mikrocomputer

A	Anwesenheit
AFF	Anwesenheits-Flip-Flop
AMV	Astabiler Multivibrator
ARS	Automatische Rücksetzung
ASV	Allgemeines Spannungsfeld
B	Block
B-F	Block-FF
BB-F	Zielblock-FF
BMV	Bistabiler Multivibrator

DOM	Dominant
ESTA	Stafette
FF	Flip-Flop
FIFO	First in, first out
GA	Genehmigung Abfahrt
GS	Glasschalter (Reed-Relais)
GZg	Güterzug
IF	Identifizierung
IF-FF	Identifizierungs-FF
KSK	Haltabschnitt
LS	Lichtempfindlicher Schalter
LW	Letzter Wagen
LZg	Lokalbahn
M	Magnet
µC	Mikrocomputer
MMV	Monostabiler Multivibrator
MS	Mechanischer Schalter
MV	Multivibrator
P	Impuls
PA	Impuls Ankunft
PALW	Impuls Ankunft letzter Wagen
PG	Impuls GZg
PL	Impuls LZg
PLW	Impuls letzter Wagen
PM	Impuls Metro
PS	Impuls SZg
PV	Impuls Abfahrt
PX	Impuls XZg
Q	Sämtliche Bahnbedingungen
ROU	Roulette
SEMI	Semi-Roulette
SS	Schienenschalter
STOP	Halt
SZg	Schnellzug
Tp-FF	Typ Flip-Flop
TS	Transistorschalter

VR	Vorrang
VR-FF	Vorrang-Flip-Flop
W	Weiche
W-FF	Weichenstellungs-FF
x	Allgemeine Angabe der Blocknummer
XZg	Expreßzug
Zg	Zug
Zge	Züge

Literatur

A.J. Dierksen; Leerboek Electronica dln I t/m III; De Muiderkring Bussum

A.J. Dierksen; Digitale Techniek; De Muiderkring Bussum

A.J. Dierksen; Electronica voor Iedereen; De Muiderkring Bussum

H. de Vos; Halfgeleiders; De Muiderkring Bussum

H. de Vos; Inleiding tot de computertechniek; De Muiderkring Bussum

G.A.H. Hesp; Automatisering van modelspoorwegen; L.J. Veen's Uitgeversmaatschappij; Amsterdam/Wageningen

J.A. Jansen; Spelen met logische shakelingen; Kluwer Technische Boeken BV; Deventer

D.H. Schravendeel; Hobbyboek modelbaan; Kluwer Technische Boeken BV; Deventer

N.N.; Kleine Modellbahnreihe; Alba Verlag AG, Düsseldorf

Anwendung des Systems auf Märklin HO-Züge

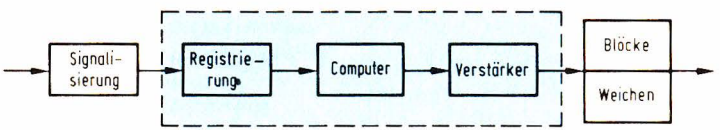
1 Prinzipielle Fragen

Das beschriebene System ist für Gleichstromantrieb konzipiert; es ist aber im Prinzip ebenfalls für eine Versorgung der Modelleisenbahn mit Wechselstrom geeignet, wie dies bei der Märklin HO-Bahn der Fall ist. Das Buch beschreibt hauptsächlich logische Schaltungen für die verschiedenen Probleme der Modelleisenbahn. Angewendet werden TTL-Gatter und ähnliche ICs der Serie 7400. Diese arbeiten mit Gleichspannung, worüber nicht zu diskutieren ist.

Wollen wir unser System auf die Märklin HO-Bahn anwenden, so ist zu überlegen, wo und wie die Übergänge vom Wechselstrom- auf den Gleichstromteil und umgekehrt zu erfolgen haben. Hierzu zeigen wir das Blockschaltbild *F-1*, das der *Abb. 1.4.1* ähnelt. Wir erkennen hier ein gestricheltes Rechteck, in dem sich die nicht zu verändernden Elemente befinden. Links steht dieser Komplex mit der Signalisierung und rechts mit den Blöcken in Verbindung. Die Umschaltung der Weichen bleibt bei Märklin unverändert. Zusammenfassend stellen wir fest:

a) Die Signalisierung muß an die geänderte Situation auf den Schienen als Folge der Wechselstromversorgung der Züge angepaßt werden.

b) Die Registrierung kann im Prinzip unverändert bleiben. Jedoch bietet das Märklin-Schienensortiment einige attraktive Möglichkeiten, die Registrierung vollkommen anders zu handhaben.



F-1 Der umrandete Teil des Blockschaltbildes bleibt praktisch unverändert.

c) Der Steuerautomat bleibt der gleiche.

d) Die Verstärker bleiben gleich, wenn auch geringe Vereinfachungen bei den Blöcken möglich sind.

e) Die Verbindung vom Verstärker zur Schiene erfolgt über ein Relais, mit dem die Wechselspannung ein- und ausgeschaltet werden kann.

f) Die Haltabschnitte sind in der Oberleitung oder durch eine Mittelschiene zu realisieren.

2 Signalisierung mit Märklin-Schienen

Märklin bietet zwei Gleistypen an; eine Metallausführung und eine Kunststoffausführung, genannt K-Gleise (K= Kunststoffschwellen). Bei Metallgleisen sind Fahrschienen und Schwellen galvanisch miteinander verbunden. Das elektrische Potential entspricht Massepotential. Der Einfachheit halber zeichnen wir die Stromzufuhr immer über die Oberleitung; das schließt die Verwendung einer Mittelschiene nicht aus.

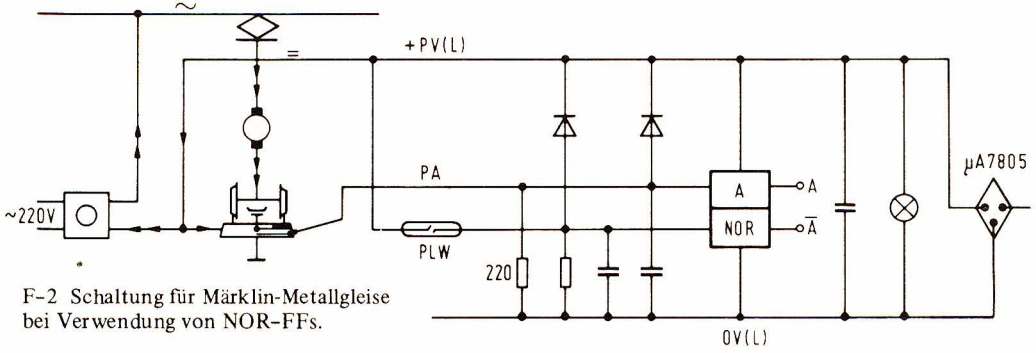
Alle Schalter, die wir bis jetzt für PA genannt haben, sind hier weniger geeignet; zum Glück hat Märklin ein Schaltgleisstück entwickelt, das für unseren Zweck gut geeignet ist. Es gibt sogar eine Vorrichtung, mit der die Fahrtrichtung eines Zuges festgestellt werden kann; wir wollen darauf aber nicht näher eingehen, weil unsere Züge nur in *einer* Richtung fahren. Dieses Schaltgleisstück ist so ausgeführt, daß eine bewegliche Zunge durch den Abstreifer der Lok bewegt wird. Durch diese Bewegung wird die Zunge mit Masse verbunden, so daß ein negativer Impuls entsteht. Weil unsere Standard-FFs mit positiven Impulsen arbeiten, ist eine zusätzliche Schaltung zu verwenden, damit unsere FFs eingesetzt werden können. *Abb. F-2* zeigt diese Schaltung.

Der positive Pol der Logikversorgung ist mit Masse verbunden. Bei der Verbindung der Schienen durch die Räder entsteht damit ein positiver Impuls am Eingang, so daß normalerweise PA angeboten wird.

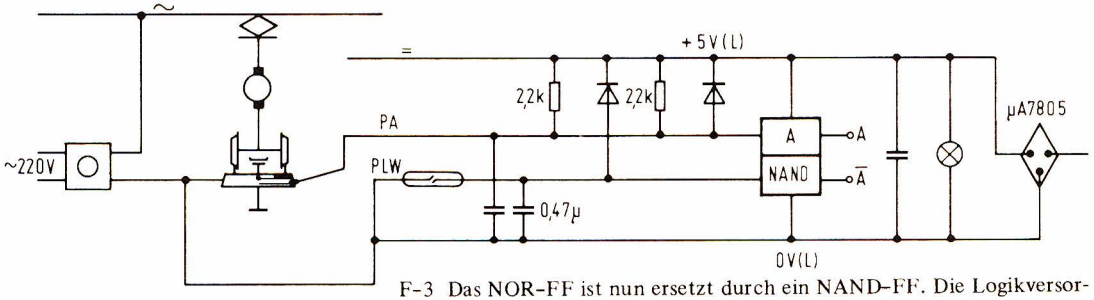
Wir müssen mit dem Minuspol der Stromversorgung für die Logik sehr vorsichtig umgehen. Jede Verbindung mit einer Schiene bildet einen Kurzschluß für das Netzteil. Ein Signallämpchen parallel zu den Polen des Netzteils ist dringend erforderlich.

3 Ein Flip-Flop aus NAND-Gattern

Geht man von einem negativen Impuls aus, so ist die Verwendung eines NOR-FF eigentlich nicht zweckmäßig. Besser sollte ein NAND-FF



F-2 Schaltung für Märklin-Metallgleise bei Verwendung von NOR-FFs.



F-3 Das NOR-FF ist nun ersetzt durch ein NAND-FF. Die Logikversorgungsspannung ist hier anders mit den Schienen verbunden.

verwendet werden. In Anlage A ist hierfür eine gedruckte Schaltung mit Bauelementen wiedergegeben. Die Schaltung eines solchen FF in Verbindung mit Schienen zeigt *Abb. F-3.*

4 PLW bei Verwendung von Märklin-Gleisen

PLW wird üblicherweise mit einem Glasschalter erzeugt. Wegen der größeren Abmessungen des Gleiskörpers kann der Glasschalter zwischen den Schienen angeordnet werden. Es ist darauf zu achten, daß der Abstreifer der Lok nicht berührt wird. In beiden genannten Schaltungen finden wir die Anordnung der GS.

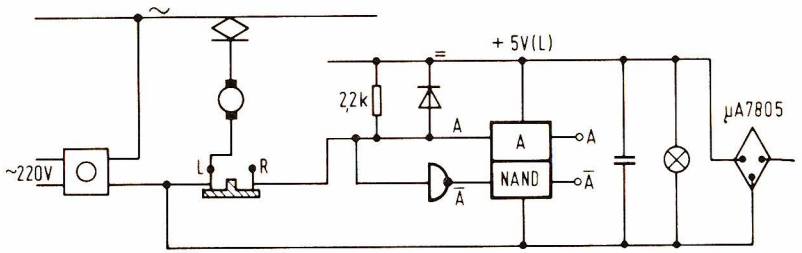
5 Märklin-K-Gleise

Diese Gleise sind teurer als Metallgleise; bezüglich Aufbau und Steuerung bergen sie große Vorteile. Jedes Gleisstück enthält drei elektrisch getrennte Stromleiter, zwei Fahrschienen und eine Mittelschiene bekannter Ausführung.

Die Tatsache, daß diese drei Leiter elektrisch voneinander getrennt sind, enthält einen großen Vorteil. Eine der beiden Fahrschienen können wir verwenden als gemeinsamen Nulleiter beider Versorgungssysteme. Die Spannungsversorgung des Zuges wird entweder über die Oberleitung geführt (wie gezeichnet), oder sie verläuft über die Mittelschiene durch den Motor zur Nulleiterschiene. Die andere Fahrschiene wird zur Signalisierung verwendet.

Diese Schiene zersägen wir in Stücke entsprechend einer Blocklänge. Dies hat nichts mit der Versorgung des Blockes zu tun, und es ist daher auch nicht die Rede von Haltabschnitten oder dergleichen. Die Schiene ist ein permanenter Signalträger über die gesamte Blocklänge. Sobald ein Radpaar sich auf dem Gleis befindet, werden beide Fahrschienen miteinander elektrisch verbunden. *Abb. F-4* zeigt dieses Prinzip. Durch Verwendung eines NAND–FF geschieht folgendes:

Der Nullpol der Logikversorgung liegt an Masse und wird an den nichtinvertierenden A-Eingang des FF gelegt, sobald der Block besetzt ist. Solange dies nicht der Fall ist, liegt die Verbindung der Schiene R zum Eingang über den Widerstand 2,2 kΩ an + 5 V. Diese Verbindung ist angezapft und mit dem anderen Eingang verbunden, wo bereits ein Inverter angeschaltet wurde. Dieser macht aus + 5 V eine logische 0, wodurch das Flip-Flop auf 0 gezwungen wird.



F-4 Blocksignalisierung bei Verwendung von K-Gleisen und NAND-FF.

Wir bemerken hier, daß es nicht um impulsförmige Signale geht, sondern um Vektorsignale. Dies ist ein großer Vorteil, weil das Flip-Flop nun nicht mehr so störempfindlich ist.

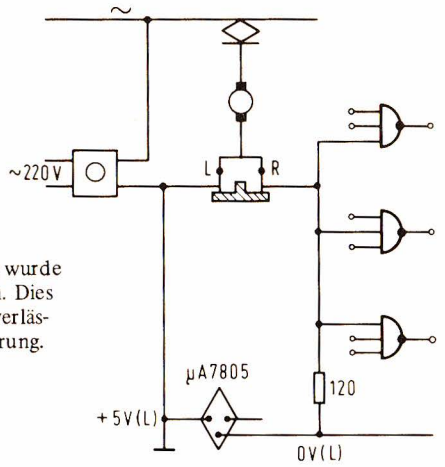
6 Blocksignalisierung ohne Flip-Flop

Die Existenz des Vektorsignals führt zu einer weiteren Vereinfachung. In *Abb. F-5* sehen wir, wie diese Vektorsignale auch direkt zum Computer geleitet werden können. Hierbei liegt der Pluspol der Logikversorgung wiederum an Masse. Durch die Besetzung des Blockes wird diese logische 1 direkt an die Eingänge der steuernden NANDs gelegt. Verbindet man die 120 Ω -Widerstände mit Null, so werden die Eingänge 0, sobald der Zug den Block verläßt.

Durch diese Signalisierungsart entfallen sowohl PA, als auch PLW. Die von uns verwendeten Signalanlagen stehen also für andere Zwecke zur Verfügung, was ein zusätzlicher Vorteil ist. Auch kann das Märklin-Schaltgleis eingesetzt werden, wenn dabei auch improvisiert werden muß.

7 Verstärker

Den Ausgangsvektor des Blockverstärkers verwenden wir nun, um ein Relais anzusteuern, mit dem wir den Wechselstrom einschalten und den Zug in Bewegung bringen. Die genannte Fahrspannung von 8 . . . 12 V ist dann nicht mehr verbindlich. Diese Spannung hat nichts mehr zu tun



F-5 Bei dieser Schaltung wurde das Flip-Flop weggelassen. Dies ist die einfachste undzzuverlässigste Form der Signalisierung.

mit der Fahrspannung. Wir sind damit frei, uns für die Relaisversorgung nach einer anderen Spannungsquelle umzusehen; hierfür kann vorteilhaft die Spannung für die Weichenumschaltung verwendet werden. Sie liegt i.a. bei 20 V, was für die meisten Relais eine günstige Spannung ist. Man kann sich aber auch nach 5 V-Relais umschauen, so daß eine Versorgungsspannung hierfür und für die Logik eingesetzt werden kann.

Sachverzeichnis

A
Abstellgleis 102
Akkumulator 128
Aktivierung 22, 116
ALU 127
Auffanggleis 103
Außenbahn 73
Ausgangsblock 103

B
Bahnhof 60
–organisation 113
Besetztvektor 11
Block 7, 116, 154
–, ausgewählter 105
–, beliebiger 106
Blockierdiagramm 52
Bündelung 27
Bus 126

D
Dienstregelung 113
Dominant-Schaltung 29, 38
Dreiwegekreuzung 93

F
FIFO–Schaltung 29, 44
Flip-Flop 10, 19, 88, 151

G
Gatter 12
Glasschalter 16
Gleis 7, 22
–plan 112

H
Halt|abschnitt 8
–Signal 31

I
Identifizierung 17, 114
I/O–Einheit 125

K
Kreuzungsweiche 86

L
LED 109
Leer-Vektor 11
Logik 22

M
Märklin-Gleise 153
–HO 150
Mechanischer Schalter 15
Mikrocomputer 122
–, Auswahl 129

R
RAM 122, 127
Registrierung 10
ROM 122
Roulette-Schaltung 29, 41

S
Schienen|netz 7
–schalter 14
Semi-Dominant-Schaltung 29, 39
Sicherheitssystem 83

Signal 109, 151
–beeinflussung 84, 86
Spannungsfeld 8
Staffel-Schaltung 31, 47
Stop-Schaltung 31, 48

T
Transistorschalter 14

U
U-Bahn 49

V
Vektoren 11
Verkehrs|programmierung 95
–regelung 83
Verstärker 154
Verzögerung 62
Verzweigung 23, 36
Vorrang 119

W
Warteschaltungen 65
Weichensteuerung 73, 80
Wired-Or 37

Y
y-Block 90

Z
Zählschaltungen 70
Zeitschalter 19, 60

7439

7462

7442

7441

7440

Was halten Sie von diesem Buch?
Das würden wir gerne wissen.
Setzen Sie bitte ein paar Stichworte auf! Danke!

Buchtitel
und Urteil

Allg. Hinweis
KD.-
Klass. Ziffer

Kasten bitte freilassen

Fachgebiete, die mich interessieren:

- ☐ Hobby-Elektronik
- ☐ Elektroakustik
- ☐ Unterhaltungs-Elektronik
- ☐ Professionelle Elektronik
- ☐ Computerpraxis
- ☐ Amateurfunk
- ☐ Elektrotechnik
- ☐ Nachrichtentechnik

Auf dieses Buch wurde ich aufmerksam durch:

- ☐ Prospekt
- ☐ Besprechung
- ☐ Schaufenster
- ☐ Anzeige
- ☐ Empfehlung

Name, Vorname

Beruf

Straße

PLZ, Ort

7439

7441
7442

7440
7446

Hiermit bestelle ich
aus dem Franzis-Verlag:

Bücher:
bitte die ISBN-Nr. ergänzen:

ISBN-Nr.
3-7723- _____

3-7723- _____

3-7723- _____

3-7723- _____

___ Verlagsverzeichnis (kostenlos)

___ RPB-Katalog (kostenlos)

Lieferung durch die Buchhandlung:

_____

_____

Wenn keine Firma eingesetzt, bitte an umseitige Adresse

bitte als
Postkarte
frankieren

Franzis-Verlag
GmbH
Werbe- und Vertriebs-
abteilung Bücher
Postfach 37 01 20

8000 München 37

105 • • • Lautsprecher und Lautsprechergehäuse für HiFi (Klinger). 11. Aufl.

106 • • • Netztransformatoren und Drosseln (Klein). 5. Aufl.

107 • • Arbeits- und Stationspraxis im Funkverkehr (Gerzelka).

108 • • Amateurfunk-Superhets (Gerzelka). 4. Aufl.

109 • • • Transistor-Amateurfunkgeräte für das 2-m-Band (Reithofer). 5. Aufl.

110 • • Der Hobby-Elektroniker prüft seine Schaltungen selbst (Nührmann).

111 • • Zeigerinstrumente (Köhler). 4. Aufl.

112 • • Das Löten für den Praktiker (Strauß).

116 • Wie und wo kauft der Hobby-Elektroniker seine Bauteile? (Nührmann).

118 • Bauelemente für den Hobby-Elektroniker (Nührmann).

119 • • • Gedruckte Schaltungen (Sutaner Wißler). 4. Aufl.

120 • • SSB-Transceiver-Technik (Gerzelka)

122 • • Der Hobby-Elektroniker plant seine Schaltungen selbst (Nührmann)

123 • • Arithmetisch-logische Rechenwerke im Experiment (Benda)

125 • Die Mechanik für den Hobby-Elektroniker (Nührmann)

126 • • • Betriebstechnik des Amateurfunks (Henske). 5. Aufl.

127 • • Schaltungsanwendungen der Optoelektronik (Oehmichen)

129 • • • Tips und Schliche (Nührmann)

130 • • Solar-Zellen (Juster)

132 • • FM-Transceiver-Technik (Gerzelka)

133 • • Synthesizer-Steuersender-Technik (Gerzelka)

134 • • • Kleines Halbleiter-ABC (Büscher, Wiegelmann). 4. Aufl.

135 • • • ABC der Mikroprozessoren und Mikrocomputer (Pelka)

136 • Transistorisierte Netzgeräte (Strobel). 5. Aufl.

137 • • Meßgeräte mit IC's (Sehrig)

138 • • • Kleines HiFi-ABC (Fellbaum/Loos)

139 • • • Digitale Steuerungen von Modelleisenbahnen (Platerink)

142 • • Kleine HiFi-Stereo-Praxis (Knobloch)

144 • • • Amateurfunk-Morsetelegrafie CW (Pietsch)

146 • • Halbleiterspeicher (Bonerz)

147 • • • Fernseh-Service leicht gemacht (Lummer). 4. Aufl.

148 • Transistoren und Dioden in der Hobbypraxis (Nührmann)

149 • • • Kondensatorkunde für Elektroniker (Leucht)

150 • • Sequenzer – ein Musikcomputer (Schröder)

151 • • Operationsverstärker in der Hobbypraxis (Nührmann)

152 • • Die wichtigsten Grundlagen für die Hobby-Elektronik (Nührmann)

154 • • • KW-Amateurbildfunk SSTV und FAX (Pietsch)

155 • • • Solarflug (Bruß)

158 • • Sensible Sensoren (Limann)

159 • • • Die logisch gesteuerte Modelleisenbahn (Platerink)

160 • • • Relais (Köhler). 2. Aufl.

168 • • Vademekum für den Funkamateur KW und UKW (Diefenbach/Geyrhalter). 7. Aufl.

171 • • • Halbleiter-Schaltungstechnik einfach dargestellt (Benda). 3. Aufl.

172 • • FET-Theorie (Dieleman)

173 • • Anwendungsbeispiele für den Mikroprozessor 6502 (Feichtinger)

174 • • Amateurfunkgeräte für das 70-cm-Band (Reithofer). 3. Aufl.

176 • • Integrierte Schaltungen für den Funkamateur (Birchel). 2. Aufl.

178 • • • • Schirmbilddiagnose und Messungen am Farbfernsehempfänger (Bochum/Dögl).

179 • • Digitale Elektronik für Anfänger (Kleemann). 4. Aufl.

180 • • • KW- und UKW-Sender für den Funkamateur (Diefenbach). 4. Aufl.

300 • • Kfz-Elektronik im Selbstbau (Jansen). 3. Aufl.

302 • • • Electronic-Pianos und Synthesizer (Tünker). 2. Aufl.

308 • • 20 Experimente mit optoelektronischen Schaltungen (Blaise).

309 • • Modell-Autorennbahn elektronisch gesteuert (Christoffers)

311 • • Lautsprechergehäuse-Baubuch (Klinger) 2. Aufl.

312 • Elektronische Gleisbildstellwerke (Jäger)

314 • • • Hobby-Schaltungen (Schreiber)

315 • Lautsprecher-Kits (Klinger)

331 • • • Verstärkerbau mit integrierten Schaltungen (Wirsum). 4. Aufl.

335 • • • Mischpulte und Mischpultmodule (Wirsum). 4. Aufl.

336 • • • Musikelektronik (Tünker). 4. Aufl.

337 • • • Elektronische Hilfsmittel für Film und Foto (Horst).

338 • • Experimente mit IS (Kleemann). 2. Auflage.

340 • • • Vom Flip-Flop zur Quarzuhr (Pelka). 3. Aufl.

341 • • Modelleisenbahn-Elektronik im Selbstbau (Jungmann). 3. Aufl.

342 • • • Elektronik in der Popmusik (Goddijn). 2. Auflage

RPB **159** Dreifachband

Platerink

Die logisch gesteuerte Modelleisenbahn

Auf Seite 75 steht geschrieben:

„Wir wollen nun 12 Züge mit eigener Dienstregelung nach unserer Vorstellung fahren lassen. Wir benötigen dafür 18 Bahnhöfe. Form und Einrichtung sind an den Verkehr, aber auch an die finanziellen Möglichkeiten angepaßt".

Bei dieser Version schlägt das Herz eines jeden Modelleisenbahners höher. Mit Hilfe der Elektronik wird das große Vorhaben Wirklichkeit. Wie? Das beschreibt dieses Buch. Und diese an sich schon große Anlage kann noch weiter ausgebaut, noch großflächiger werden.

Der Autor hat in der Reihe RPB electronic-taschenbücher einen vorlaufenden Band (Nr. 139) geschrieben und sich darin mit den elementaren und grundsätzlichen Problemen der digitalen Steuerungen von Modelleisenbahnen befaßt.

ISBN 3-7723-1591-7

Franzis'